

土 木 研 究 所 資 料

第 4 2 3 号

道路橋床組耐荷力調査報告書
—旧枚方大橋静的載荷実験—

昭 和 4 4 年 5 月

建設省土木研究所

要 旨

永年実用に供されてきた道路橋の床組の力学的性状を把握するために、旧枚方大橋の床組について破壊に至るまでの静的載荷試験を行った。静的載荷試験の対象とした部材は鉄筋コンクリート床版のうち中間支間部12箇所、片持部3箇所と縦げた3箇所であって、部材のひずみ、たわみ、ひび割れ状況および破壊状況をそれぞれ測定した。

その結果、旧枚方大橋の床組の場合床版による荷重分配作用が著しく、載荷点直下の床版は現行設計輪荷重より少し小さい7 tぐらいで微小なクラックを生ずるが、現行設計輪荷重の2.5倍の20 tをこえてもなお弾性的な挙動を示した。破壊荷重は床版の中間支間部で50～70 t、片持部で40～50 t、縦げたで50～80 tといずれも現行設計輪荷重を大きく上まわっていた。

目 次

要 旨

目 次

まえがき	1
1. 実験の目的	2
2. 枚方大橋の概要	3
3. 実験の方法	4
3-1 概 要	4
3-2 測定対象部材および荷重位置	5
3-3 載荷方法	6
3-4 測定方法	7
3-4-1 測定項目 および測定手段	7
3-4-2 床版の測定	8
3-4-3 縦げたの測定	11
3-4-4 測定機器	13
3-5 実験の日程	13
3-6 人員構成	16
4. 基礎調査	17
4-1 測定対象部材の補修状況	17
4-2 測定対象部材の現況	17
4-3 部材の断面構成および諸元	19
4-4 材料試験	22
4-4-1 床版コンクリート	22
4-4-2 鋼 材	23
4-5 載荷板の寸法および位置	26
4-6 数値計算	29
4-6-1 床 版	29
4-6-2 縦 げ た	33
5. 測定結果	42
5-1 床 版	42
5-2 縦 げ た	74
6. 測定結果から得られた結論	87
6-1 床 版	87
6-2 縦 げ た	88
あとがき	89

まえがき

近年、道路橋の床版が破損する事故が目立ちはじめ問題になっているが、橋梁研究室においても道路橋床版を研究テーマの対象としてとり上げ、現行の設計基準の再検討や全国の道路橋床版の現況調査などを行っている。

床版の実験としてはいわゆる載荷試験用の供試体として製作された床版に関するものは従来から行なわれており、設計理論との比較もなされているが、実際に道路橋床版として永年供用されてきたものに関する実験はほとんどないので、供用中の床版の力学的性状については不明の点が多い。

今回、枚方大橋が架換えのために旧橋を撤去することになり、それを利用して実橋の床版の静的載荷試験を行なうことができたので、その結果をここに報告する。

昭和44年5月

橋梁研究室 国 広 哲 男
藤 原 稔

1. 実験の目的

道路橋の床版が破損する原因を橋の管理者側と利用者側とに分けて考えると、前者に原因がある場合としては設計または施工の不完全さが挙げられ、後者に原因がある場合としては通行車両の重量過大が挙げられる。さらに細かく分けて考えると、設計に原因がある場合には設計基準そのものの不完全さ、設計方法の不完全さ、設計計算のミスなどがあり、施工に原因がある場合にはコンクリートの施工不良、鉄筋の配置が適切でないなどの点が挙げられる。また道路上を通行する車両の重量については車両制限令によって総重量20t以下、1車軸重量10t以下と定められており、現在はこの規準に従って橋を設計しているため、それ以上の重量の車両の通行までは安全を保障できない。

したがって、道路橋床版の破損事故を防ぐためには管理者側としては施工基準の遵守を強化すると共に、より合理的な設計基準を作成してゆく必要がある。

現在、第2次道路橋設計示方書では等方性版理論によって求めた一方単純版および一方片持版の曲げモーメント式をもとにして床版の設計基準を与えているが、この式の算出の基礎となっている諸仮定の中には実際に施工される床版とかなり異なった状態を表現するものもある。

まず、実際の床版は通常縦げたなどのかなりたわみやすい部材の上に支持されているが、示方書の曲げモーメント式は支点は沈下しないものとして算出されており、このことは床版の支間中央の曲げモーメントに対して危険側の値を与えることになる。

また、床版は通常縦げたや横げたなどの部材の上でも連続して施工されるが、この場合の示方書による設計方法は単純支持と考えて求めた曲げモーメントの値に0.8という係数を乗じた値で断面をチェックすることになっており、連続の影響に対する0.8という係数の妥当性も問題である。

鉄筋コンクリート床版は示方書の曲げモーメント式によって与えられた値に対して、圧縮力はコンクリートのみで引張力は鉄筋のみで抵抗するように設計するので、設計荷重が作用した場合には引張側のコンクリートにはクラックが発生すると思われる。一度クラックが発生すると床版は等方性の性質を失い、直交異方性版として作用するようになり、そのクラックが進行するとともに、そのクラックを直角方向の曲げモーメントも増大し、終局的には縦横にクラックが入り、亀甲状のわれによって破壊することになる。

また、構造物に繰返し荷重が作用した場合にはその動的強度は静的な強度より低下するが、床版は直接に交通車両を支持するものであるため、橋のどの部材よりもその影響を強く受ける。構造物の疲労を考える場合にはその繰返し数として200万回を標準としているが床版の場合たとえば日交通量が3万台でそのうち20%が大型トラックなどの重量車で床版の疲労強度に影響を与えるものとすればわずか1年間で200万回に達してしまう。

以上述べてきたことを考えると、実際に供用されている床版はその設計の基礎となった仮定や条件よりもきびしい状態にあるといえ、実情にあった合理的な設計基準を作成するにはこれらの事項を定量的にとり入れてゆく必要がある。

これらのことを解決してゆくには理論的なとりあつかいと、その裏づけのための実験が必要であるが、これまでに行なわれてきた実験のほとんどは示方書の式の検証を目的とするものであり、床版の支持条件なども式の仮定を満足するようにして行なわれている。したがって実橋に近い状態で行なわれた実験はほとんどないといってよい。

今回は幸いに実橋の床組の載荷試験を行なう機会に恵まれたので、これまでに述べた設計式の仮定と実橋とのちがいを、すなわち支点沈下の影響、連続性、床版の荷重分配作用、クラックの影響、疲労の影響、耐荷

力などの力学的性状を把握するために床組の静的載荷試験を行なった。しかし、実験の対象が旧枚方大橋の床組という1つの具体例なので、得られた結果が諸元の異なる他の橋の床組に適用できるかどうかはその項目によっては問題である。

2. 枚方大橋の概要

旧枚方大橋は一般国道170号線が大阪府下の枚方市において一般国道1号線と交わる地点で淀川に架設された単純支持の下路トラス橋17連から成る橋長694.448m、幅員6.0mの鋼道路橋である。

その概況を写真2.1に示す。

大阪府は主として橋梁の老朽化および交通量の増大による耐荷力の不足および幅員の狭小を理由に昭和39年度から架換工事に着工し、昭和41年度に第一期工事分として片側2車線の3径間連続箱げた2連および4径間連続箱げた1連から成る橋長689m、幅員9.25mの上路箱げた橋を架設し、現在供用中である。残りの第二期工事が終了したときには幅員18.5mの4車線の橋梁となる。また、現在旧橋は

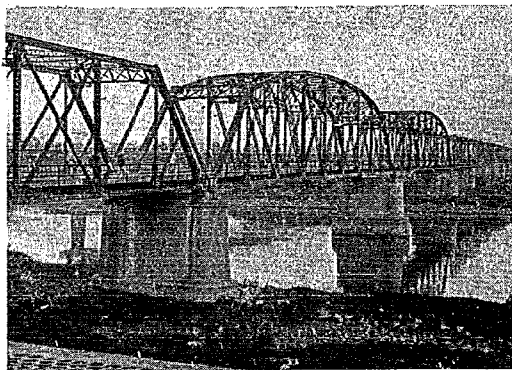


写真2.1 旧枚方大橋

交通止めを行なっているが、河川の治水上の理由から橋脚も含めて昭和43年度中に撤去される予定である。

旧枚方大橋は明治41年に京阪電気軌道が京阪本線の宇治川橋梁および木津川橋梁としてその上部構造をイギリスから購入し、単車（自重10～15ton）の運行に供していたものであるが、昭和2年になって2両編成（2×14ton）の運行に対しては耐荷力が不足するために新橋に架換えられ、使用されなくなった。当時、淀川にかかる橋梁が少なく交通に支障をきたしていたので、大塚の渡船にかわる施設として大阪府がこれを買取り、解体移転して現在の位置に下部工を新設したものが旧枚方大橋であって、その総工費は約62万円で昭和5年10月10日に竣工した。

それ以来、自動車荷重の大型化や交通量の増大にもなって種々の補強工事や耐荷力の調査が行なわれてきたが、そのうちの主なものをあげるとつぎのとおりである。昭和27年には第2連および第3連を除いたほとんどすべてのトラスの下弦材および斜材に補強材を電弧溶接する工事が行なわれ、その補強効果が京都大学土木工学教室によって調査された。

昭和34年には床版の補強がコンクリートの吹きつけによって行なわれた。昭和38年にはふたたび京都大学土木工学教室によって静的載荷試験や動的載荷試験などによる耐荷力の調査が行なわれ、新橋架設の基礎資料が得られた。

以上述べてきた枚方大橋の歴史、補強工事、耐荷力調査、新橋の計画などの詳細については、大阪府土木部道路課発行の「枚方大橋調査報告書」（昭和38年11月）および「枚方大橋計画報告書（第二部）」（昭和42年2月）を参照されたい。

3. 実験の方法

3-1 概 要

今回は旧枚方大橋の合計17連の単純支持下路トラス橋のうち格間長の等しい(5.6388m)高槻市側の3連を用いて枚方側から15連目において縦げた3本、16連目および17連目において床版15箇所分のそれぞれについて実験を行なった。15連目および16、17連目のトラスの一般図を図3.1および図3.2に示す。

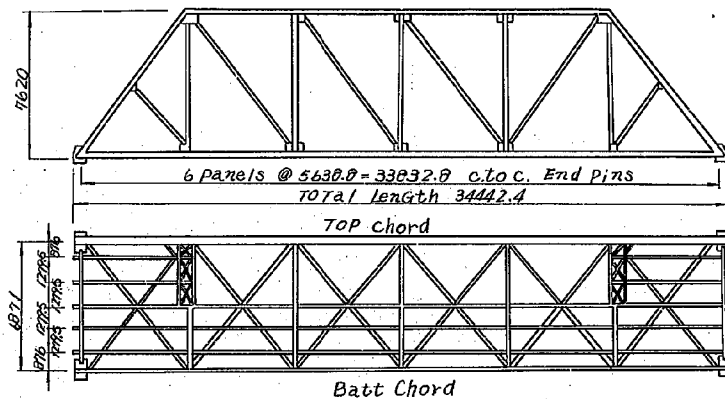


图 3.1 旧校方大橋 15 連目一般図

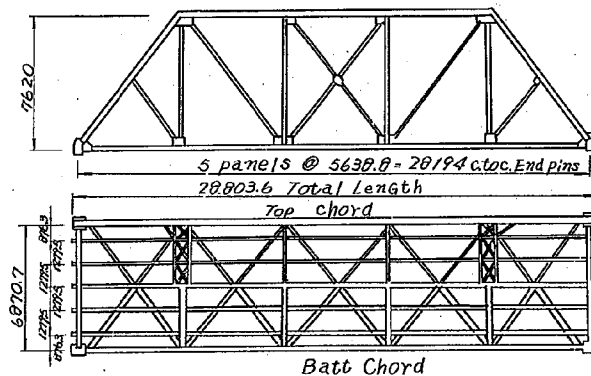


图 3.2 旧枚方大橋 16、17 連目一般図

載荷は、あらかじめ補強したトラスの両側の斜材に載荷けたを渡し、載荷けたと床版の間に入れた100mmの手動油圧ジャッキによって行なった。

床版の実験においては床版下面に貼付したワイヤストレインゲージおよびコンタクトゲージによってひずみおよびひびわれ幅を、ダイヤルゲージによってたわみを、またスケッチおよび写真撮影によってひびわれ状況および破壊状況をそれぞれ測定した。縦げたの実験においては、縦げたの上下フランジに貼付したワイヤストレインゲージによってひずみを、ダイヤルゲージによってたわみを、けた端と床版ハンチ部に貼付したコンタクトゲージによってけたと床版のずれを、また写真撮影によって破壊状況をそれぞれ測定した。

3-2 測定対象部材および荷重位置

測定対象部材および荷重位置を表3.1および図3.3に示す。

表 3.1 測定対象部材および荷重位置

測定対象部材		荷重位置		舗装の有無	補修の有無
床版	片持部	最外縁 (地覆の内側)	1	有	有
			6	無	有
			11	有	有
	端支間	支間中央	3	無	無
			4	有	無
			7	無	無
			9	無	無
			13	無	有
			15	無	無
	中間支間	支間中央	2	有	有
			5	有	有
			8	無	無
			10	有	有
			12	有	無
			14	有	無
縦げた	端縦げた	支間中央	17	無	—
	中間縦げた	支間中央	16	無	—
			18	無	—

枚 方 側		⑥	①		高 規 側
	⑦				
		⑤	②		
	⑧		③		
		④			

(a) 17連目

枚 方 側		⑪			高 規 側
	⑬				
		⑫	⑩		
	⑭		⑨		
		⑬			

(b) 16連目

枚 方 側		⑰				高 規 側
			⑯			
	⑱					

(c) 15連目

図3.3 荷重位置

3-3 載荷方法

載荷はあらかじめ清掃し、砂を敷いて平坦にした床版上の載荷面に2cm厚のネオプレン板を敷き、その上に20cm×50cmまたは20cm×25cmの載荷板を置いてその上に乗せた100tの手動油圧ジャッキによって行ない、ジャッキの反力はあらかじめ補強したトラスの両側の斜材に高力ボルトで取り付け載荷けたで受けてトラスの主桁に伝達させた。トラス斜材の補強状況および載荷けたの取り付け状況を写真3.1および写真3.2に示す。

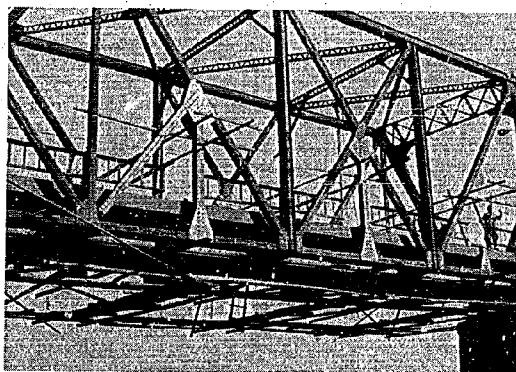


写真3.1 トラス斜材の補強状態

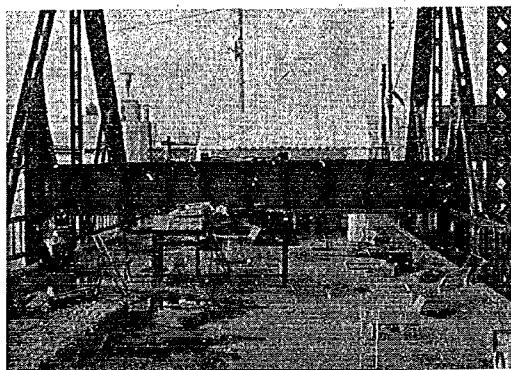


写真3.2 載荷けたの取りつけ状況

荷重の測定はジャッキの油圧ゲージおよびジャッキと載荷けたの間に入れた100t用圧縮型ロードセルのひずみをストレインメーターで読んで行なった。載荷装置の設置状況を写真3.3に示す。

床版の実験では、荷重を0tから2.5tおきに15tまで載荷した後に一度0tまで除荷し、その後ふたたび0tから5tおきに破壊に至るまで載荷した。

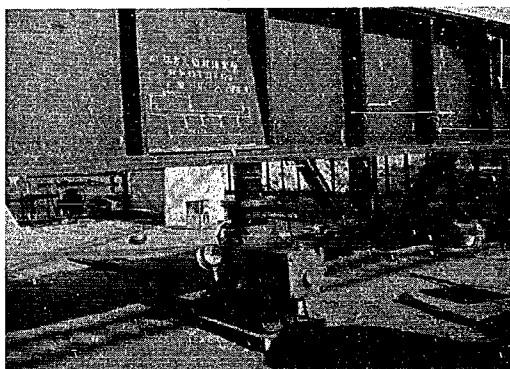


写真3.3 載荷装置の設置状況

縦げたの実験では途中で除荷せずに0tから5tおきに破壊に至るまで載荷した。

3-4 測定方法

3-4-1 測定項目および測定手段

測定項目および測定手段を表3.2に示す。

表3.2 測定項目および測定手段

測定対象部材	測定項目	測定手段
床版	1. ひずみ	ワイヤストレインゲージ
	2. たわみ	ダイヤルゲージ
	3. ひびわれ幅	コンタクトゲージ、ひびわれ幅測定器
	4. ひびわれ状況	スケッチ、写真撮影
	5. 破壊状況	スケッチ、写真撮影
縦げた	1. ひずみ	ワイヤストレインゲージ
	2. たわみ	ダイヤルゲージ
	3. すれ	コンタクトゲージ
	4. 破壊状況	写真撮影

3-4-2 床版の測定

(1) ひずみ

図 3.4 に床版のワイヤストレインゲージの貼付位置を、また写真 3.4 に貼付状況を示す。

枚方側		① $\overline{1-2}$	② $\overline{1-2}$		高視側
	⑦ $\overline{1-2}$	$\overline{1-3}$	$\overline{1-3}$		
	$\overline{1-4}$	⑤ $\overline{1-5}$	② $\overline{1-5}$		
	② $\overline{1-6}$	$\overline{1-6}$	$\overline{1-6}$		
	$\overline{1-7}$	④ $\overline{1-8}$	③ $\overline{1-8}$		

(a) 17連目

枚方側		① $\overline{1-2}$			高視側
	⑤ $\overline{1-2}$	$\overline{1-3}$	$\overline{1-3}$		
	$\overline{1-3}$	② $\overline{1-5}$	④ $\overline{1-5}$		
	④ $\overline{1-5}$	$\overline{1-6}$	$\overline{1-6}$		
	$\overline{1-6}$	③ $\overline{1-8}$	② $\overline{1-8}$		

(b) 16連目

注: — 床版下面に貼付したワイヤストレインゲージ
 1,2,3---1回の実験と同時にひずみも測定したワイヤストレインゲージ番号
 ②,④---実験した床版の番号 すなわち実験番号

図 3.4 床版のワイヤストレインゲージの貼付位置

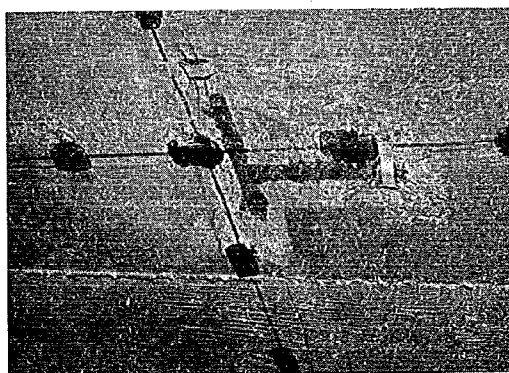


写真 3.4 床版下面に貼付したワイヤストレインゲージとコンタクトゲージ用標点

(2) たわみ

ダイアルゲージはTビームを床版下面から約1 mのところに渡してその両端をトラス下弦材に固定し、鉄筋で作った治具を測点直下のTビームに溶接してその治具上にマグネットスタンドを乗せて取り付け九。

図 3.5 に床版のダイヤルゲージの設置位置を示す。また写真 3.5、写真 3.6 および写真 3.7 にダイヤルゲージの設置状況、ダイヤルゲージ設置用 T ビームの補強状況および T ビームの下駄材への取り付け状況を示す。

	1	⑥ 2	⑦ 2	
	⑦ 0.2	0.3	0.3	
	3	4	4	
	0.4	⑤ 0.5	② 0.5	
	5	6	6	
	⑧ 0.6	0.7	0.7	
	7	8	8	
	0.8	④ 0.9	③ 0.9	
	9	0.0	0.0	

(a) 17連目

	⑤ 0.2	⑦ 0.2		
	0.3	0.3		
	0.4	0.4		
	0.5	② 0.5	② 0.5	
	④ 0.6	0.6		
	0.7	0.7		
	0.8	③ 0.8	② 0.8	
	0.9	0.9		

注: 床版下面または縦げた下面に設置したタイアルゲージ
1.2.3 1回の実験で同時にたわみを測定したタイアルゲージの番号
⑦②③ 実験した床版の番号 すなわち実験番号

図 3.5 床版のダイヤルゲージの設置位置

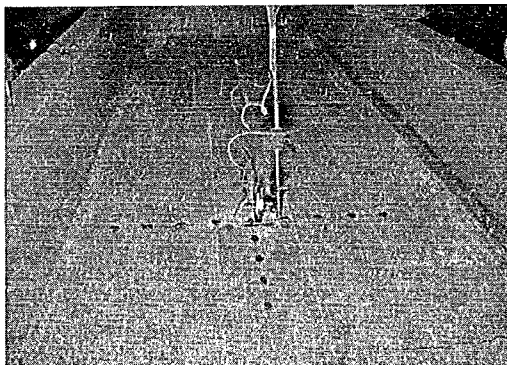


写真 3.5

ダイアルゲージの設置状況

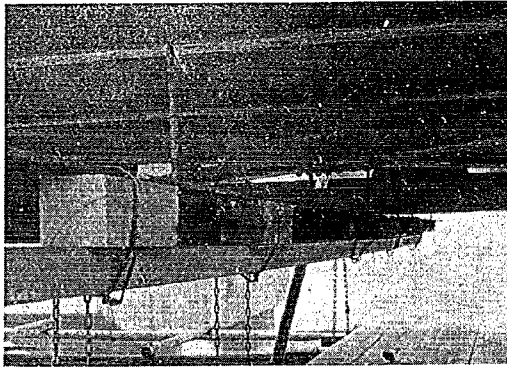


写真3.6 Tビームの補強状況

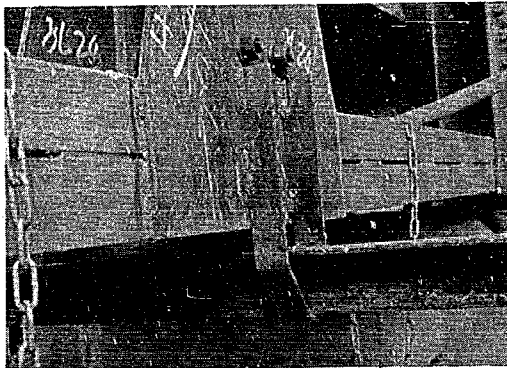


写真3.7 たわみの測定のためのTビームの取り付け部

(3) ひびわれ幅

端支間および中間支間の床版には載荷点直下の床版下面に図3.6(a)に示すように、また片持部の床版には図3.6(b)に示すようにそれぞれコンタクトゲージの標点をセットしてひびわれ幅を測定した。ひびわれ幅が大きくなってコンタクトゲージがスケールアウトしてからは、ひびわれ幅測定器を用いてひびわれ幅を測定した。

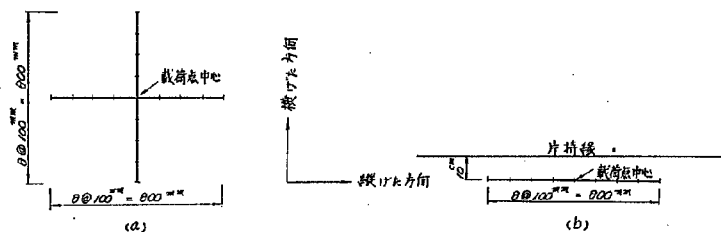


図 3.6 床版のコンタクトゲージの標点

(4) ひびわれ状況

各荷重段階においてそれまでに床版下面に生じたクラックを見やすいようにマジックインキで床版面に書き込むと同時に、その時の荷重も書き入れて適宜写真撮影によってひびわれ状況を測定した。また同時にスケッチも併用した。

(5) 破壊状況

最終的な破壊状況を床版の下面を主体にしてその他変形が大きく出ているところなどについて写真撮影によって測定した。

3-4-3 縦げたの測定

(1) ひずみ

図 3.7 に縦げたのワイヤストレーンゲージの貼付位置を示す。

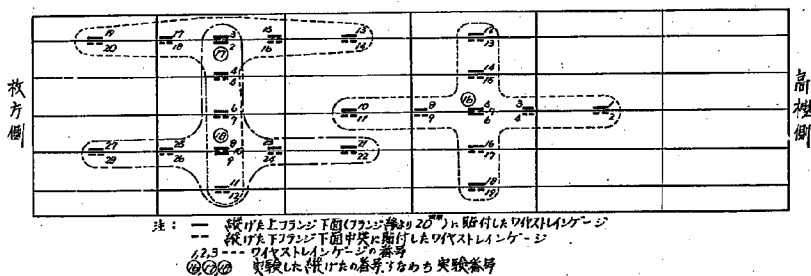
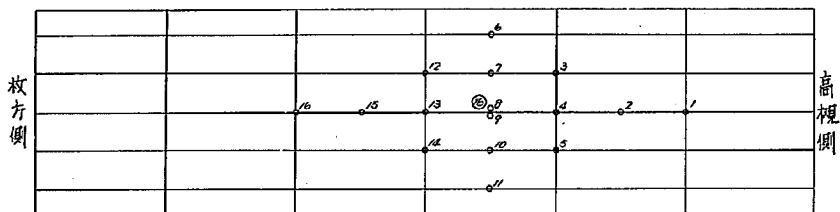


図 3.7 15 連目の縦げたのワイヤストレーンゲージの貼付位置

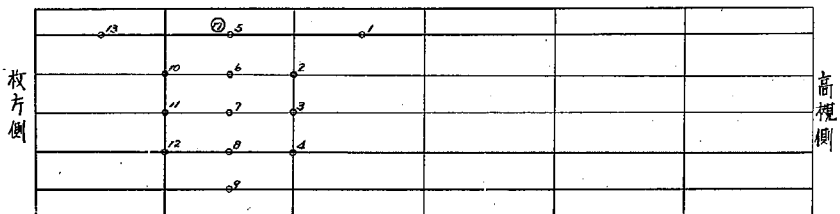
(2) たわみ

ダイヤルゲージは床版の場合と同様に床版下面から約 1 m のところに渡してその両端をトラス下弦材に固定された T ビーム上にマグネットスタンドを用いて取り付けけた。

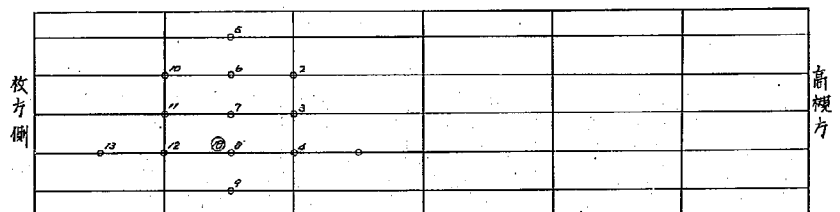
図 3.8 に縦げたのダイヤルゲージの設置位置を示す。



(a) 荷重位置 ⑩



(b) 荷重位置 ⑪



(c) 荷重位置 ⑫

注： ○ 板げた下面または板げた下面に設置したダイヤルゲージ
1, 2, 3, …… 4回の試験で同時にたわみを測定したダイヤルゲージ
⑩、⑪、⑫ 実験した板げたの番号、すなわち実験番号

図 3.8 15連目の縦げたのダイヤルゲージ設置位置

(3) 縦げたと床版のずれ

載荷位置にある縦げたの両端の上フランジ側面とその上の床版ハンチ部にできるだけ水平になるようにコンタクトゲージの標点を行なってコンタクトゲージによって床版と縦げたのずれを測定した。図 3.9 にコンタクトゲージの標点の位置を示す。

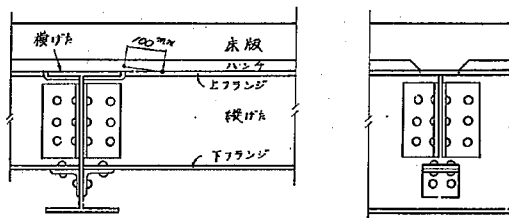


図 3.9 床版と縦げたのずれの測定のためのコンタクトゲージの標点

(4) 破壊状況

最終的な破壊状況を写真撮影によって測定した。

3-4-4 測定機器

測定に用いた主な機器を表3.3に示す。

表3.3 測定機器

測定項目	測定機器	数量	摘 要
ひ ず み	コンクリート用ワイヤストレインゲージ	約50枚	G. L. 70mm, KP-70-A1-11(共和電業)
	鋼材用ワイヤストレインゲージ	約50枚	G. L. 10mm, KP-10-A1-11(共和電業)
	スイッチボックス	1台	24点切替2ゲージ式, SS-24J(共和電業)
	インジケータ	1台	直読式, SM-60AT(共和電業)
た わ み	ダイヤルゲージ	約20個	1/100mm, ストローク30mm
	マグネットスタンド	約20個	
ひびわれ幅	コンタクトゲージ	2式	1/1000mm, G. L. 100mm
	ひびわれ幅測定器	1個	
ひびわれ状況	写 真 機	1台	1眼レフ35mm, アサヒペンタックスSV, 広角レンズF3.5, 28mm
破壊状況	ストロボ	1台	MINICAM スーパーライト
荷 重	ロードセル	1台	ストレインゲージ式, 0~100t用
	インジケータ	1台	直読式, SM-60AT(共和電業)

注: コンタクトゲージは縦げたと床版のずれの測定にも使用

3-5 実験の日程

実験の日程および時刻ごとの作業内容を表3.4および表3.5に示す。

表3.4 実験の日程

	10月	28	29	30	31	11月	1	2	③	4	5	6	7	8	9	⑩	11	12	13	14	15	16
計器の点検、調整		→																				
荷 造 発 送			←													→						
準 備																	←	→				
実 験																		←	→			
あとかたづけ																						⇔
荷 造 発 送																						⇔

表 3.5 時刻別作業内容

月日	時刻	作業内容
11月10日	9	実験の概要および作業内容の説明
	10	
	11	16、17連目マーキング(ストレインゲージおよびコンタクトゲージ)
	12	昼食
	13	
	14	16、17連目コンタクトゲージ用鉄片貼付のためのグラインダーがけおよび鉄片貼付
	15	16、17連目ストレインゲージ貼付のためのグラインダーがけ
	16	
	17	
11月11日	9	16、17連目コンタクトゲージ用ボール打込みおよびストレインゲージ貼付
	10	
	11	15連目マーキング(ストレインゲージ)
	12	昼食
	13	
	14	16、17連目ストレインゲージ結線 15連目ストレインゲージ貼付のためのグラインダーがけ 15連目コンタクトゲージ用鉄片貼付のためのグラインダーがけおよび鉄片貼付
	15	17連目載荷位置①において予備実験(0-2.5-5.0-7.5-5.0-2.5-0t)
	16	
	17	
11月12日	9	実験準備
	10	① 実験
	11	② 実験
	12	昼食
	13	
	14	② 実験(続き)
	15	③ 実験
	16	
	17	
11月13日	9	実験準備
	10	④ 実験
	11	⑤ 実験
	12	

月日	時刻	作業内容	
11月13日	13	昼食	15連目ストレインゲージ貼付
	14	㊸ 実験	
	15	載荷けた移動	
	16	㊹ 実験	
	17	㊺ 実験	
11月14日	9	実験準備および載荷けた移動	15連目ストレインゲージ結線および コンタクトゲージ用ボール打込み
	10	㊻ 実験	
	11	㊼ 実験	
	12	昼食・載荷けた移動	
	13	㊽ 実験	
	14		
	15	㊾ 実験	
	16	㊿ 実験	
11月15日	9	実験準備および載荷けた移動	
	10	㊽ 実験	
	11	㊾ 実験	
	12	昼食・載荷けた移動	
	13	㊿ 実験	
	14	載荷けた移動	
	15		
	16	㊽ 実験	
11月16日	9		
	10	あとかたづけ	
	11		
	12	荷造り・発送	

3-6 人員構成

実験の期間中に人員が変動する場合もあったが、通常の実験における人員の構成はつぎに示すとおりである。

(1) 床版の実験

1. 総指揮者	1名
2. 現場指揮者	1名
3. ひずみ測定—ストレインメーター(読み取り1名、記録1名)	2名
4. たわみ測定—ダイアルゲージ(読み取り2名、記録1名)	3名
5. ひびわれ幅測定— —コンタクトゲージ(読み取り1名、記録1名) —ひびわれ幅測定器(6と兼務)	2名 (1名)
6. ひびわれ状況測定— —写真撮影 —スケッチ	1名 1名
7. 破壊状況測定— —写真撮影(6と兼務) —スケッチ(6と兼務)	(1名) (1名)
8. 荷重記録	1名
9. 写真記録連絡等	1名
10. ジャッキ操作(ジャッキの移動等も含む)	3名
合 計	16名

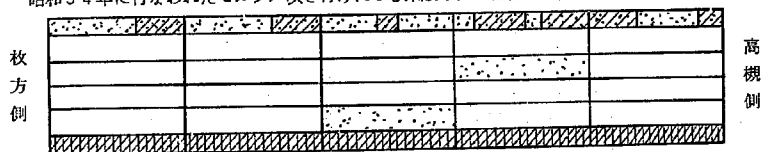
(2) 縦げたの実験

1. 総指揮者	1名
2. 現場指揮者	1名
3. ひずみ測定—ストレインメーター(読み取り1名、記録1名)	2名
4. たわみ測定—ダイアルゲージ(読み取り3名、記録3名)	6名
5. すれ測定—コンタクトゲージ(2箇所、4の記録と兼務)	(2名)
6. 破壊状況測定—写真撮影	1名
7. 荷重記録	1名
8. 写真記録、連絡等	1名
9. ジャッキ操作(ジャッキの移動等も含む)	3名
合 計	16名

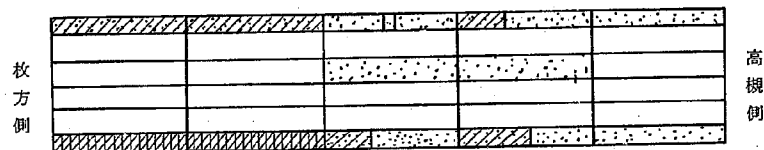
4. 基礎調査

4-1 測定対象部材の補修状況

昭和34年に行なわれたモルタル吹き付けによる床版下面の補修の状況を図4.1に示す。



(a) 16連目



(b) 17連目

注：  チッピング(3cm) ショットクリート(3cm厚)
 チッピング(3cm) ショットクリート(5cm厚)
 クリップメッシュ(≠12×50mm) 補強鉄筋(φ9mm、
o. t. o. 30cm)
 サンドブラスト

図4.1 床版下面の補修状況

4-2 測定対象部材の現況

橋の下側から見た測定対象部材の現況の例を写真4.1、4.2、4.3に示す。また、橋面上の載荷点の現況を写真4.4、4.5、4.6に示す。

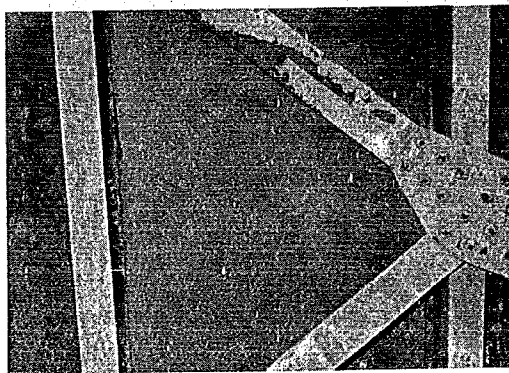


写真4.1 床版の現況(実験番号②)

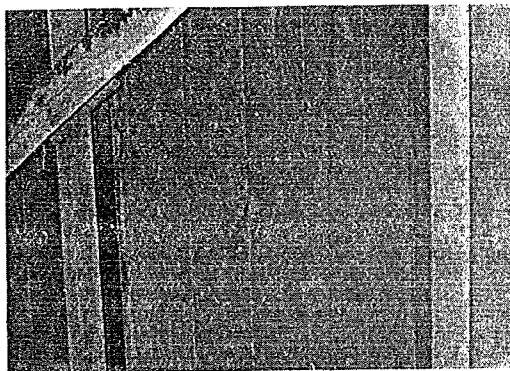


写真 4.2 床版の現況 (実験番号③)

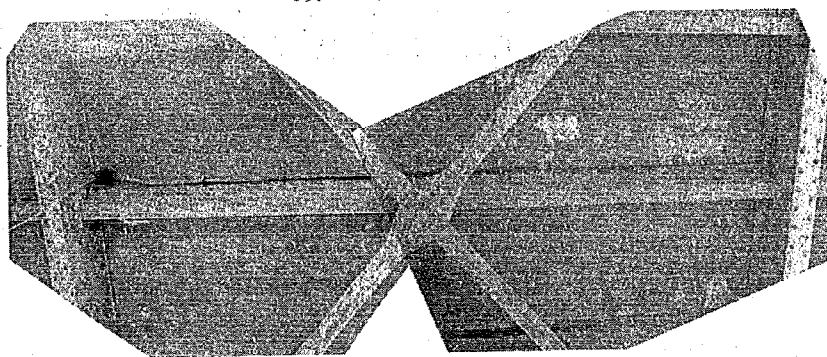


写真 4.3 縦げたの現況 (実験番号⑥)



写真 4.4 載荷点の状態 (実験番号①)

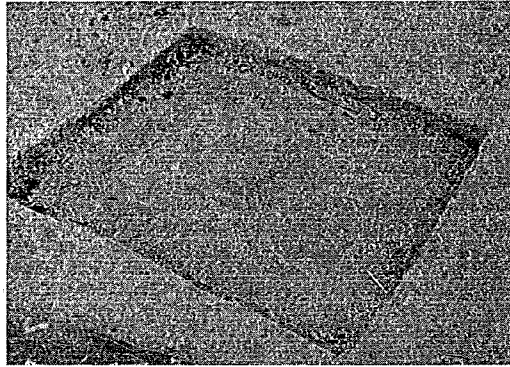


写真4.5 載荷点の状態(実験番号⑨)



写真4.6 載荷点の状態(実験番号⑩)

4.—3 部材の断面構成および諸元

載荷点における舗装の断面構成を表4.1に、床版および縦げたの断面寸法を図4.2および図4.3にそれぞれ示す。また、床版の配筋の状況を写真4.7に示す。

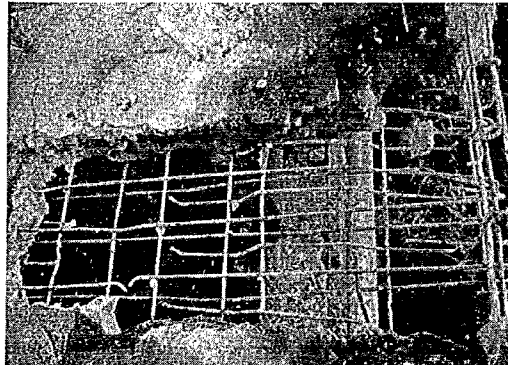


写真4.7

床版の配筋状態

表 4.1 載荷点における舗装の断面構成

載荷点番号	アスファルトによる補修	アスファルトブロック	セメントモルタル	床版
1	— (cm)	4.8 (cm)	3.5 (cm)	16.0 (cm)
2	4.5	—	2.0	16.0
3	(3.0)	—	2.0	16.0
4	1.3	3.0	2.5	16.0
5	—	—	3.0	16.0
6	(2.0)	(3.5)	2.5	16.0
7	—	(2.0)	1.0	16.0
8	(1.5)	(2.0)	1.5	16.0
9	—	(2.2)	3.5	16.0
10	—	2.7	2.8	16.0
11	—	3.8	2.0	16.0
12	0.5	2.5	1.8	16.0
13	—	(2.8)	3.0	16.0
14	1.2	3.2	2.2	16.0
15	—	(3.3)	1.5	16.0
16	—	(3.3)	2.0	16.0
17	(1.6)	(4.0)	2.0	16.0
18	(1.0)	(3.9)	2.7	16.0

注： 1) () は取りはずして実験したことを意味する。

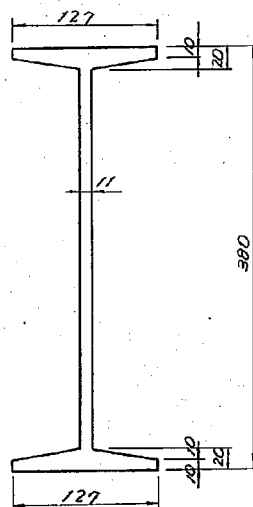


図 4.3 縦げたの断面

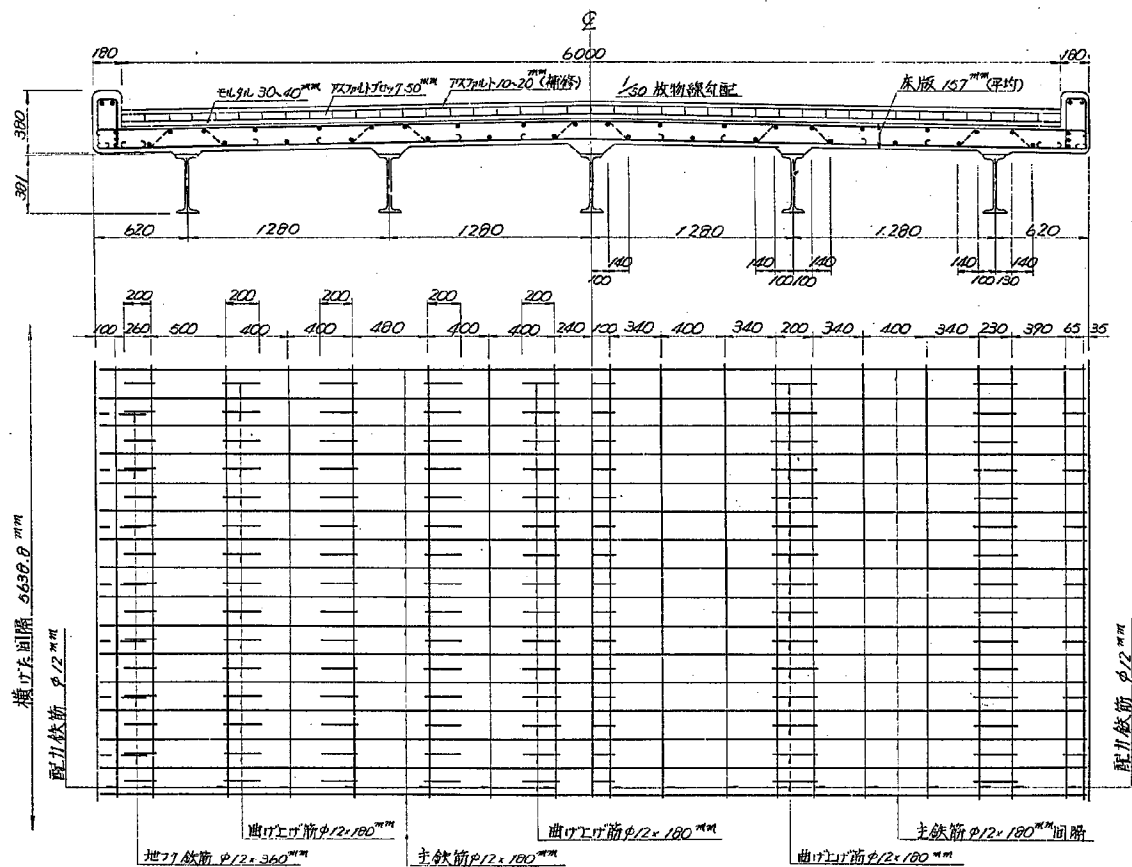


図4.2 旧枚方大橋床版断面および配筋図

4-4 材料試験

4-4-1 床版コンクリート

実験を行なった径間とは別の径間の床版から採取した直径10cmの5本のコアについて日本建築総合試験所に依頼して圧縮強度試験を行なった。その結果を表4.2および表4.3に、また試験体の成型後の状態を写真4.8に示す。

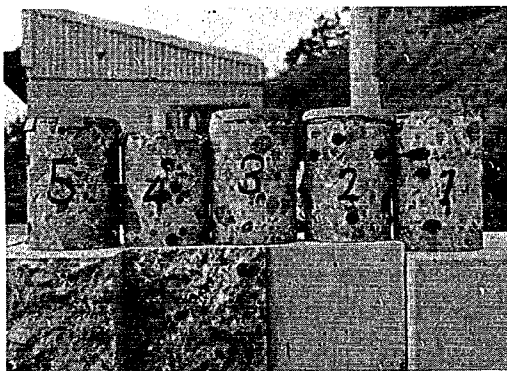


写真4.8 床版コンクリートの圧縮試験供試体

表4.2 試験体の形状寸法

項目 試験体	直 径 (cm)		高 さ (cm)		重 量 (kg)	
	成 型 前	成 型 後	成 型 前	成 型 後	成 型 前	成 型 後
№ 1	10.1	10.1	15.7	15.3	3.570	2.965
№ 2	10.1	10.1	15.8	14.6	3.180	2.913
№ 3	10.2	10.2	15.9	14.7	2.990	2.746
№ 4	10.2	10.2	14.9	12.2	2.887	2.725
№ 5	10.1	10.1	15.1	14.3	2.955	2.725

表4.3 圧縮強度

試験体	最 大 荷 重 (t)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)	補 正 係 数	補正圧縮強度 (kg/cm ²)
№ 1	30.7	390	0.96	375
№ 2	32.2	411	0.96	395
№ 3	31.5	400	0.96	385
№ 4	36.5	465	0.93	432
№ 5	34.5	437	0.96	420
平 均				401

注：補正係数はJIS. A. 1107による。

4-4-2 鋼材

実験を行なった径間とは別の径間の床版から採取した鉄筋10本(主鉄筋6本、配力鉄筋4本)および実験を行なった縦げたのウェブから採取した1号試験片3本について土木研究所橋梁研究室の200t万能試験機(東京衡機製造所製)を用いて引張試験を行なった。それぞれの試験片を写真4.9および写真4.10に示す。また試験結果を表4.4に、また鉄筋および縦げたの鋼材の応力-ひずみ曲線を図4.4および図4.5にそれぞれ示す。

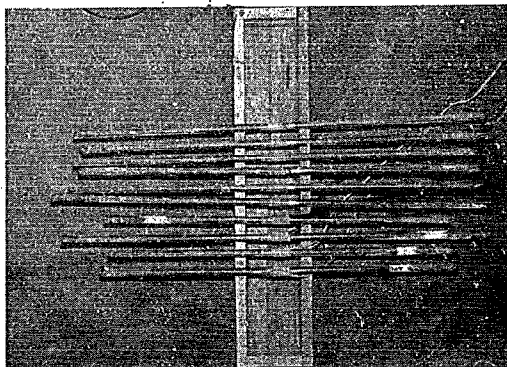


写真4.9 鉄筋の引張り試験片

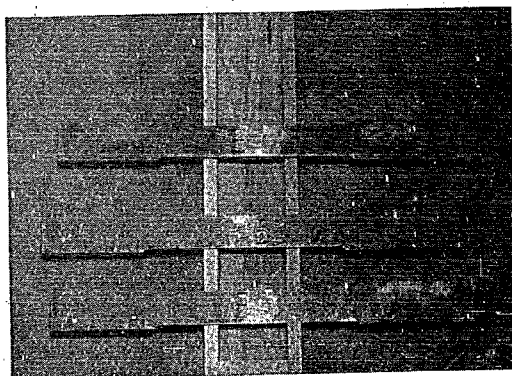


写真4.10 縦げたの鋼材の引張り試験片

表 4.4 鋼材の引張強度

試験片		形 状		降 伏 点		引 張 強 さ		伸 び	絞 り	弾 性 係 数	ポアソン 比	摘 要
採取	番 号	寸 法	断面積	荷 重	応 力	荷 重	応 力			$\times 10^6$ kg/cm ²		
床 版 配 力 鉄 筋	1	φ11.50	103.9	3.25	3.128	4.24	4.081	3.25	72.3	2.299	—	G. L= 80%
	2	φ11.45	103.0	3.14	3.049	4.03	3.913	3.62	73.0	2.057	—	
	3	φ11.45	103.0	3.37	3.272	4.07	3.951	3.30	74.8	2.360	—	
	4	φ11.50	103.9	3.11	2.993	4.15	3.994	3.79	74.6	2.155	—	
床 版 主 鉄 筋	5	φ11.50	103.9	3.07	2.955	4.08	3.927	3.09	72.8	2.139	—	
	6	φ11.50	103.9	3.25	3.128	4.22	4.062	3.51	70.0	1.887	—	
	7	φ11.50	103.9	3.12	3.003	4.18	4.023	3.50	70.9	2.391	—	
	8	φ11.50	103.9	3.19	3.070	4.23	4.071	3.24	70.0	2.054	—	
	9	φ11.50	103.9	3.29	3.166	4.19	4.033	3.38	72.8	2.376	—	
	10	φ11.45	103.0	3.08	2.990	4.14	4.019	2.80	70.7	1.961	—	
	平均値		103.9		3.076		4.007	3.35	72.2	2.168	—	
縦 げ た 腹 板	1	40.0× 10.6	424.0	10.63	2.507	16.20	3.821	2.96	(60.8)	2.084	0.285	G. L= 200%
	2	40.0× 10.8	432.0	10.65	2.465	18.48	4.278	2.73	(54.7)	2.042	0.285	
	3	39.9× 10.6	430.9	10.38	2.409	18.15	4.212	2.71	(55.4)	2.131	0.290	
	平均値		428.9		2.460		4.102	2.80	(57.0)	2.086	0.287	
(SS41規格)												

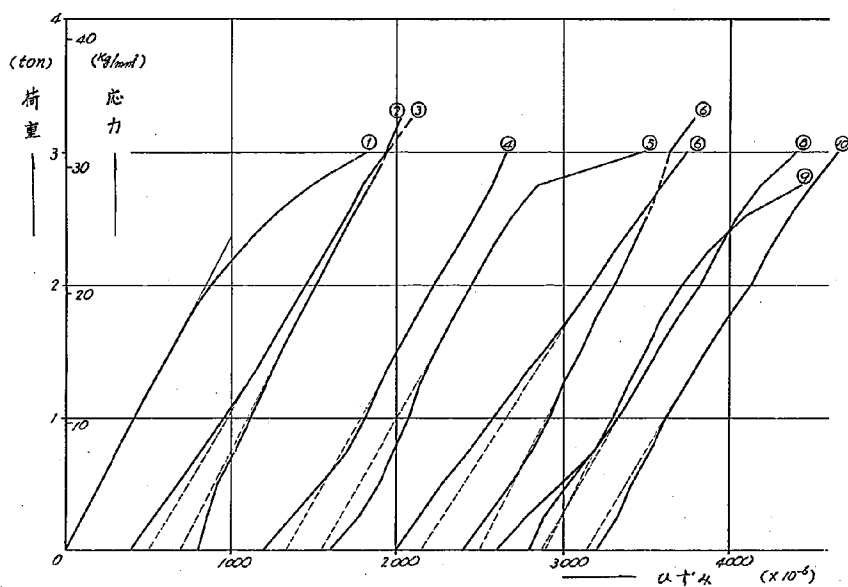


図 4.4 鉄筋の応力-ひずみ曲線

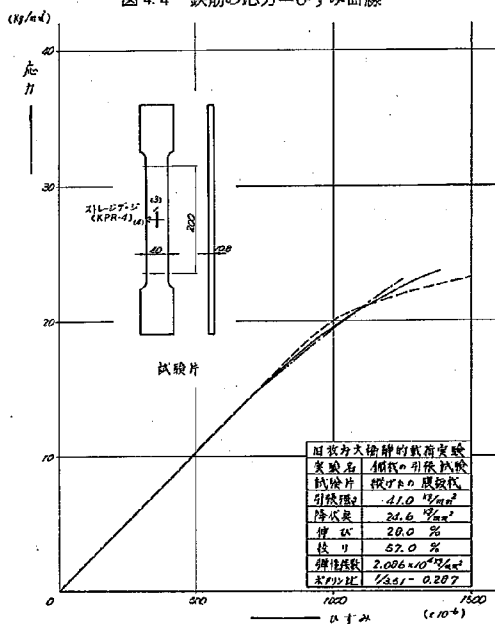


図 4.5 縦げた鋼材の応力-ひずみ曲線

4-5 載荷板の寸法および位置

(1) 実験：①、②、③

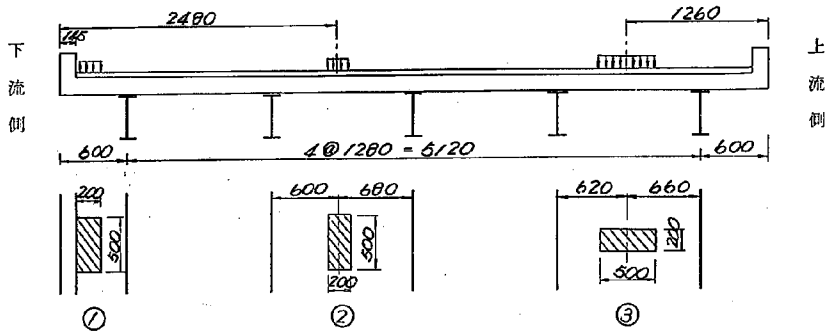


図 4.6 (a) 載荷板の寸法および位置 (①、②、③)

(2) 実験：④、⑤、⑥

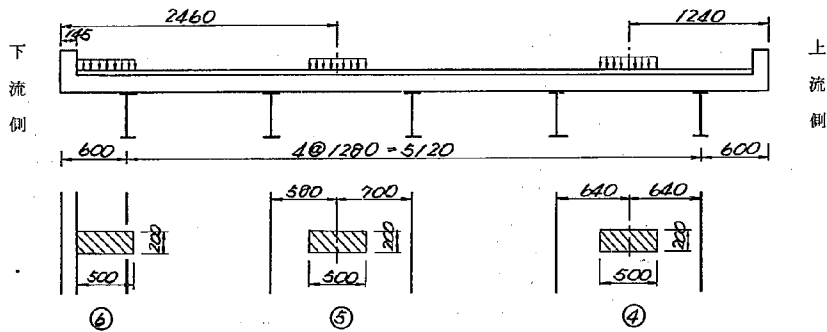


図 4.6 (b) 載荷板の寸法および位置 (④、⑤、⑥)

(3) 実験：⑦、⑧

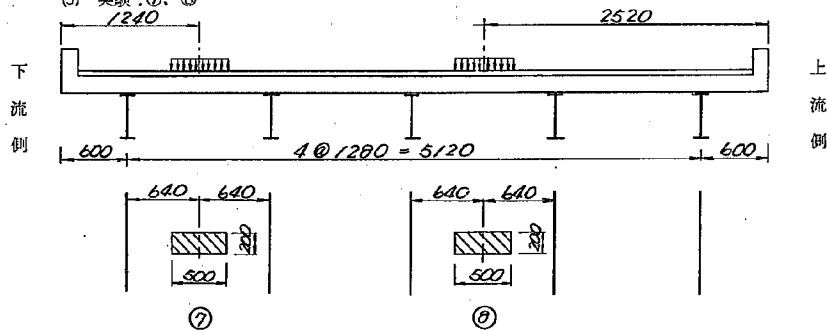


図 4.6 (c) 載荷板の寸法および位置 (⑦、⑧)

(4) 実験：⑨、⑩

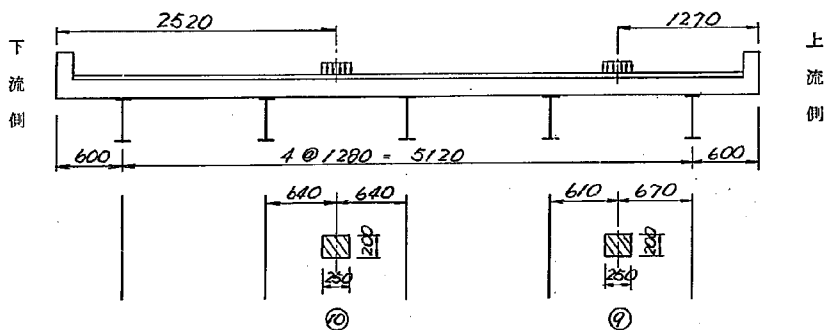


図 4.6 (d) 載荷板の寸法および位置 (⑨、⑩)

(5) 実験：⑪、⑫、⑬

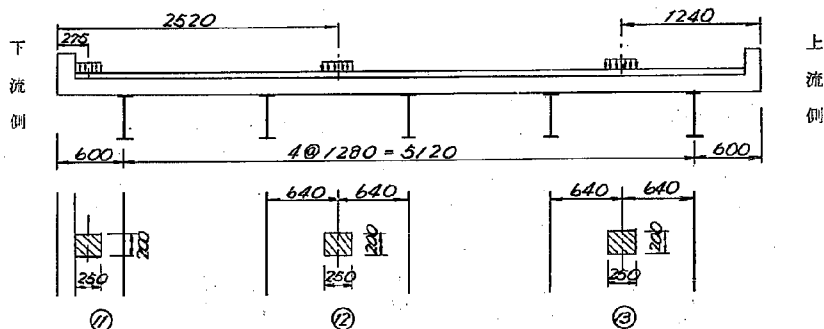


図 4.6 (e) 載荷板の寸法および位置 (⑪、⑫、⑬)

(6) 実験：⑭、⑮

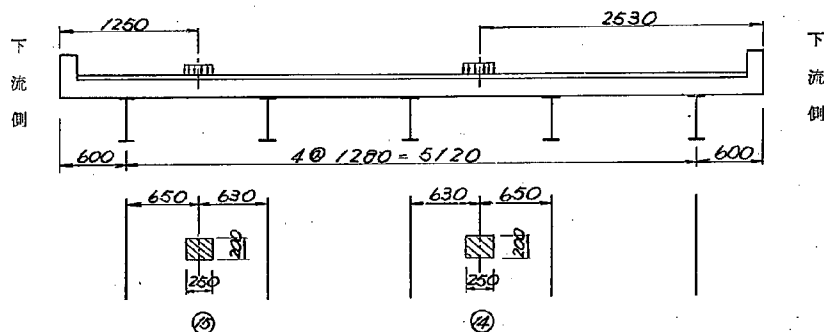


図 4.6 (f) 載荷板の寸法および位置 (⑭、⑮)

(7) 実験: ⑬

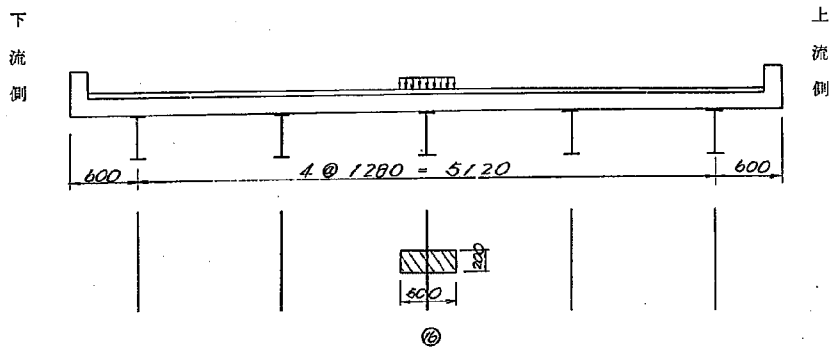


図 4.6 (g) 載荷板の寸法および位置 (⑬)

(8) 実験: ⑰, ⑱

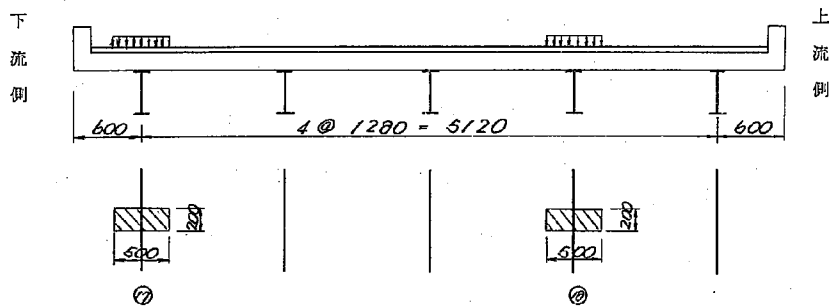


図 4.6 (h) 載荷板の寸法および位置 (⑰, ⑱)

4-6 数値計算

4-6-1 床版

図4.7に示すような支点沈下のない単純支承に支えられた一方単純版の支間に矩形等分布荷重が作用したときの $y=0$ におけるたわみおよび曲げモーメントは次式で与えられる。

$$(W)_{y=0} = \frac{4 P_0 a^4}{\pi^5 D} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^5} \cdot \frac{m\pi\xi}{a} \cdot \frac{m\pi u}{a} \cdot \frac{m\pi x}{a} \times \left\{ 1 - \left(1 + \frac{m\pi v}{2a} \right) e^{-\frac{m\pi v}{a}} \right\}$$

$$(M_x)_{y=0} = \frac{4 P_0 a^2}{\pi^3} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^3} \cdot \frac{m\pi\xi}{a} \cdot \frac{m\pi u}{a} \cdot \frac{m\pi x}{a} \times \left[1 - \left\{ 1 + (1-\nu) \frac{m\pi v}{2a} \right\} e^{-\frac{m\pi v}{a}} \right]$$

$$(M_y)_{y=0} = \frac{4 P_0 a^2}{\pi^3} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^3} \cdot \frac{m\pi\xi}{a} \cdot \frac{m\pi u}{a} \cdot \frac{m\pi x}{a} \times \left[\nu - \left\{ \nu - (1-\nu) \frac{m\pi v}{2a} \right\} e^{-\frac{m\pi v}{a}} \right]$$

$$\text{ここに } D = \frac{E h^3}{12(1-\nu^2)}$$

h : 床版厚

ν : コンクリートのポアソン比 (0.15)

また床版下縁のひずみは曲げモーメントから次式で与えられる。

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E c}$$

$$\text{ここに } \sigma = \frac{M}{I} y, \quad I = \frac{1 \times h^3}{12}, \quad y = \frac{h}{2}, \quad E c = \frac{E s}{n}$$

したがって

$$\epsilon = \frac{6 n M}{E s h^2}$$

いま、荷重に対して床版の全厚が有効で等分布荷重は舗装表面から 4.5° の角度で床版の厚さの $1/2$ の面に作用すると仮定し、材料試験によるコンクリート圧縮強度が 400 kg/cm^2 なので合成ゲタ設計施工指針によって $n=5.5$ として、実験を行なう各床版に 8 t の等分布荷重が作用したときのたわみ、曲げモーメントおよびひずみを上式で求めると次表のようになる。

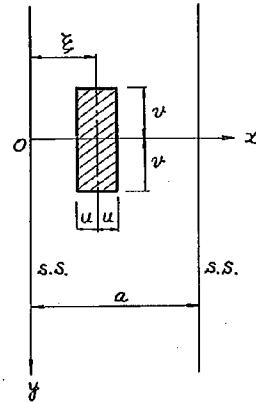


図4.7 一方単純版

表 4.5 床版のたわみ、曲げモーメント、ひずみ (P=8 t)

床版	たわみ (mm)		曲げモーメント (kg·cm/cm)				ひずみ (×10 ⁻⁴)			
			M _x		M _y		ε _x		ε _y	
	単純版	連続版	単純版	連続版	単純版	連続版	単純版	連続版	単純版	連続版
②	0.136	0.109	1268	1014	644	515	77.9	62.3	39.5	31.6
③	0.136	0.109	1229	983	870	696	75.5	60.4	53.4	42.7
④	0.128	0.102	1120	896	745	596	68.8	55.0	45.7	36.6
⑤	0.133	0.106	1195	956	834	667	73.4	58.7	51.2	41.0
⑦	0.138	0.110	1255	1004	901	721	77.1	61.6	55.3	44.3
⑧	0.137	0.110	1242	994	886	709	76.3	61.0	54.4	43.5
⑨	0.146	0.117	1441	1153	953	762	88.5	70.8	58.5	46.8
⑩	0.144	0.115	1385	1108	896	717	85.0	68.0	55.0	44.0
⑫	0.145	0.116	1406	1125	916	733	86.3	69.1	56.2	45.0
⑬	0.147	0.118	1463	1170	973	778	89.8	71.8	59.7	47.8
⑭	0.142	0.114	1352	1082	864	691	83.0	66.4	53.0	42.4
⑮	0.149	0.119	1513	1210	1024	819	92.9	74.3	62.9	50.3

注：連続版の値は単純版の値に 0.8 を乗じたもの

$$\epsilon = 6.14 \times 10^{-3} \times M$$

(b) 一方向片持版

図 4.8(a)に示すような相対する 2 辺のうち 1 辺が固定支持され、他の 1 辺が自由であるような等方性片持帯版を解析的に解くことは困難なので、図 4.8(b)に示すような相対する 2 辺のうち 1 辺が固定支持され、他の 1 辺が自由であり、もう一方の相対する 2 辺が単純支持されているような等方性版を考え、単純支持辺の間隔が固定、自由辺間隔よりも非常に大きくとって単純支持辺の影響を小さくした状態でこれを解き、等方性片持帯版に近似させるものとする。

図 4.9 に示す境界条件の等方性版に図のような矩形等分布荷重が作用したときの任意の点における

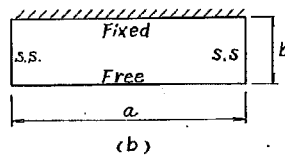
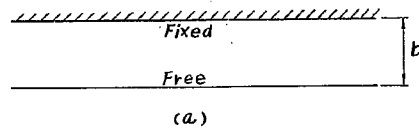


図 4.8 一方向片持版

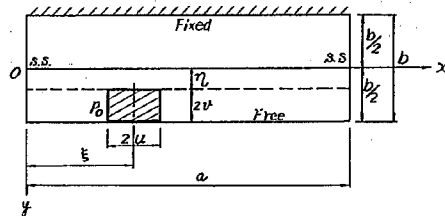


図 4.9 一方向片持版の座標

たわみおよび曲げモーメントは以下の式で与えられる。

(i) $y \leq \eta$

$$\begin{aligned}
 W &= \sum_{m=1}^{\infty} \left(A'_m \cosh \frac{m\pi y}{a} + B'_m \sinh \frac{m\pi y}{a} + C'_m \frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} + D'_m \frac{m\pi y}{a} \cosh \frac{m\pi y}{a} \right) \sin \frac{m\pi x}{a} \\
 M_x &= -D \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \left\{ (1-\nu) A'_m \cosh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) B'_m \sinh \frac{m\pi y}{a} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + C'_m \left(-2\nu \cosh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) \frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} \right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + D'_m \left(-2\nu \sinh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) \frac{m\pi y}{a} \cosh \frac{m\pi y}{a} \right) \right\} \sin \frac{m\pi x}{a} \right\} \\
 M_y &= -D \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \left\{ (1+\nu) A'_m \cosh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) B'_m \sinh \frac{m\pi y}{a} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + C'_m \left(2 \cosh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) \frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} \right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + D'_m \left(2 \sinh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) \frac{m\pi y}{a} \cosh \frac{m\pi y}{a} \right) \right\} \sin \frac{m\pi x}{a} \right\}
 \end{aligned}$$

(ii) $y \geq \eta$

$$\begin{aligned}
 W &= \sum_{m=1}^{\infty} \left(a_m + A_m \cosh \frac{m\pi y}{a} + B_m \sinh \frac{m\pi y}{a} + C_m \frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} + D_m \frac{m\pi y}{a} \cosh \frac{m\pi y}{a} \right) \sin \frac{m\pi x}{a} \\
 M_x &= -D \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \left\{ a_m + (1-\nu) A_m \cosh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) B_m \sinh \frac{m\pi y}{a} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + C_m \left(-2\nu \cosh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) \frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} \right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + D_m \left(-2\nu \sinh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) \frac{m\pi y}{a} \cosh \frac{m\pi y}{a} \right) \right\} \sin \frac{m\pi x}{a} \right\} \\
 M_y &= -D \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \left\{ -\nu a_m + (1-\nu) A_m \cosh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) B_m \sinh \frac{m\pi y}{a} \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + C_m \left(2 \cosh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) \frac{m\pi y}{a} \sinh \frac{m\pi y}{a} \right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + D_m \left(2 \sinh \frac{m\pi y}{a} + (1-\nu) \frac{m\pi y}{a} \cosh \frac{m\pi y}{a} \right) \right\} \sin \frac{m\pi x}{a} \right\}
 \end{aligned}$$

ここに

$$\begin{aligned}
 C_m &= \frac{L_{m3} D_{m4} - D_{m3} L_{m4}}{C_{m3} D_{m4} - D_{m3} C_{m4}} \times a_m \\
 D_m &= \frac{C_{m3} L_{m4} - L_{m3} C_{m4}}{C_{m3} D_{m4} - D_{m3} C_{m4}} \times a_m \\
 B_m &= \frac{1}{1-\nu} \left\{ (3+\nu) \cosh \alpha m \sinh \alpha m - (1-\nu) \alpha_m \right\} C_m + \left\{ 2 \sinh^2 \alpha m + (1+\nu) \cosh^2 \alpha m \right\} \\
 &\quad D_m - \nu \sinh \alpha m \alpha m
 \end{aligned}$$

$$A_m = -\frac{1}{(1-\nu) \sinh \alpha m} [(1-\nu) \cosh \alpha m B_m + \{(1-\nu) (\sinh \alpha m + \alpha m \cosh \alpha m) \\ - 2 \sinh \alpha m\} C_m + \{(1-\nu) (\cosh \alpha m + \alpha m \sinh \alpha m) - 2 \cosh \alpha m\} D_m]$$

$$B'_m = B_m - a_m \left(\sinh \gamma m - \frac{\gamma m \cosh \gamma m}{2} \right)$$

$$C'_m = C_m - \frac{\cosh \gamma m}{2} a_m$$

$$A'_m = \frac{1}{\cosh \gamma m} (\cosh \gamma m A_m + \sinh \gamma m B_m - \sinh \gamma m B'_m + a_m)$$

$$D'_m = \frac{1}{\cosh \gamma m} (\sinh \gamma m C_m + \cosh \gamma m D_m - \sinh \gamma m C'_m)$$

$$C_{m3} = (1+\nu) \cosh \alpha m \sinh \alpha m - (1-\nu) \alpha m - (\sinh^2 \alpha m + \cosh^2 \alpha m) \\ \times \{(3+\nu) \cosh \alpha m \sinh \alpha m - (1-\nu) \alpha m\}$$

$$C_{m4} = -2 \sinh \alpha m + 2 \cosh \alpha m \{(3+\nu) \cosh \alpha m \sinh \alpha m - (1-\nu) \alpha m\}$$

$$D_{m3} = -2(1-\nu) \alpha m \cosh \alpha m \sinh \alpha m + (1+\nu) \cosh^2 \alpha m \\ - (\sinh^2 \alpha m + \cosh^2 \alpha m) \{2 \sinh^2 \alpha m + (1+\nu) \cosh^2 \alpha m\}$$

$$D_{m4} = 2(1-\nu) \alpha m \sinh \alpha m - 2\nu \cosh \alpha m + 2 \cosh \alpha m \{2 \sinh^2 \alpha m + (1+\nu) \cosh^2 \alpha m\}$$

$$L_{m3} = \left[\sinh(\alpha m + \gamma m) \left\{ \frac{(\alpha m + \gamma m)}{2} - \frac{\sinh \gamma m}{\cosh \gamma m} \right\} - \frac{\cosh \alpha m}{\cosh \gamma m} \right] (1-\nu) \sinh \alpha m \\ - (\sinh^2 \alpha m + \cosh^2 \alpha m) \nu \sinh \alpha m$$

$$L_{m4} = \left[\frac{\sinh(\alpha m + \gamma m)}{2} - \cosh(\alpha m + \gamma m) \left\{ \frac{(\alpha m + \gamma m)}{2} - \frac{\sinh \gamma m}{\cosh \gamma m} \right\} + \frac{\sinh \alpha m}{\cosh \gamma m} \right] \\ (1-\nu) + 2\nu \cosh \alpha m \sinh \alpha m$$

$$a_m = \frac{4 P_0 a^4}{\pi^6 D m^6} \sin \frac{m \pi \xi}{a} \sin \frac{m \pi u}{a}$$

$$D = \frac{E c h^3}{12(1-\nu^2)}$$

E_0 : コンクリートのヤング率

h : 床版厚

ν : コンクリートのポアソン比 (= 0.15)

$$\alpha m = \frac{m \pi b}{2a} \quad \gamma m = \frac{m \pi \eta}{a}$$

荷重の分布面積や $n (= E_s / E_c)$ のとり方などを一方単純版の場合と同様に考えて自由辺のたわみ W 、自由辺から 5 cm 内側での橋軸方向の曲げモーメント M_x 、固定辺における橋軸直角方向の曲げモーメント M_y 、およびそれらによるひずみ ϵ_x 、 ϵ_y を上述の式から求めると次表のようになる。

表 4.6 一方片持版のたわみ、曲げモーメント、ひずみ ($P = 8 \text{ t}$)

床版	たわみ (mm)	曲げモーメント ($\text{kg} \cdot \text{cm} / \text{cm}$)		ひずみ ($\times 10^{-6}$)	
		M_x	M_y	ϵ_x	ϵ_y
①	0.102	448	-2065	27.5	-126.8
⑥	0.083	631	-1992	38.7	-122.3
⑪	0.107	750	-2449	46.1	-150.4

注: $\epsilon = 6.14 \times 10^{-8} \times M$

4-6-2 縦げた

(a) 簡易計算による値

縦げたとその上の床版を独立したはりと考えて床版による幅員方向の荷重分配を考慮しない。

(i) 床版と縦げたの合成作用を考えない場合 (重ねばり)

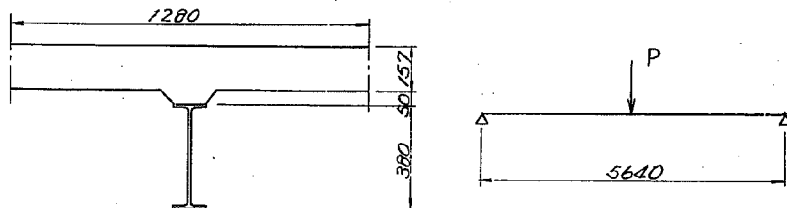


図 4.10 縦げたの諸元

(i) 縦げたの断面 2 次モーメント:

$$I_s = 16275 \text{ cm}^4$$

(ii) 床版の断面 2 次モーメント:

$$I_o = \frac{1280 \times 157^3}{12} + (1.13 \times 7 \times 7.9^2 \times 5.5)$$

$$= 41200 + 2720 \quad I_o/n = 43920 / 5.5$$

$$= 43920 \text{ cm}^4 \quad = 7985 \text{ cm}^4$$

(iii) 重ねばりの断面 2 次モーメント:

$$I_p = I_s + I_o / n$$

$$= 16275 + 7985$$

$$= 24260 \text{ cm}^4$$

(iv) 重ねばりのたわみ:

$$\delta p = \frac{P l^3}{48 E I}$$

$$= \frac{1000 \times 564^3}{48 \times 2.1 \times 10^6 \times 24260}$$

$$= 0.0732 \text{ cm/t}$$

(V) 重ねばりの曲げモーメント:

$$M_p = \frac{P \ell}{4}$$

$$= \frac{1000 \times 564}{4}$$

$$= 141000 \text{ kg cm/t}$$

(VI) 縦げたの応力:

$$\sigma_s = \frac{M_p}{I_p} y$$

$$= \frac{141000}{24260} \times 19.0$$

$$= 110 \text{ kg/cm}^2/\text{t}$$

(VII) 縦げたのひずみ:

$$\epsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$= \frac{110}{2.1 \times 10^6}$$

$$= 52.4 \times 10^{-6} \text{ 1/t}$$

(1) 床版と縦げたの合成作用を考えた場合 (合成ばり)

(I) 合成ばりの断面2次モーメント:

$$I_v = I_s + A_s (\phi_1 + \phi_2)^2 + I'_o + A'_o (h - \phi_2 + d_1 + d_0)^2$$

$$I_s = 16275 \text{ cm}^4$$

$$A_s = 12.7 \times 1.5 + 1.1 \times 34.0 + 12.7 \times 1.5$$

$$= 75.5 \text{ cm}^2$$

$$I'_o = 7985 \text{ cm}^4$$

$$A'_o = 128.0 \times 15.7 / 5.5$$

$$= 365.4 \text{ cm}^2$$

$$\phi_1 = 0$$

$$\phi_2 = \frac{(h + d_1 + d_0) A'_o - \phi_1 A_s}{A_s + A'_o}$$

$$= \frac{(19.0 + 5.0 + 7.85) \times 365.4 - 0}{75.5 + 365.4}$$

$$= 26.4 \text{ cm}$$

$$d_1 = 5.0 \text{ cm}$$

$$d_0 = 15.7/2$$

$$= 7.85 \text{ cm}$$

$$h = 38.0/2$$

$$= 19.0 \text{ cm}$$

$$I_v = 16275 + 75.5 \times (26.4)^2 + 7985 + 365.4 \times (19.0 - 26.4 + 5.0 + 7.85) \\ = 78872 \text{ cm}^4$$

(ii) 合成ばりのたわみ:

$$\delta_v = \frac{Pl^3}{48EI} \\ = \frac{1000 \times 564^3}{48 \times 2.1 \times 10^6 \times 78872} \\ = 0.0226 \text{ cm/t}$$

(iii) 合成ばりの曲げモーメント:

$$M_v = 141000 \text{ kgcm/t}$$

(iv) 縦げたの応力:

$$\sigma_u = \frac{141000}{78872} \times (26.4 - 19.0) \\ = 13.2 \text{ kg/cm}^2/\text{t}$$

$$\sigma_L = \frac{141000}{78872} \times (26.4 + 19.0) \\ = 81.2 \text{ kg/cm}^2/\text{t}$$

(v) 縦げたのひずみ:

$$\epsilon_L = \frac{\sigma_L}{E_s} \\ = \frac{81.2}{2.1 \times 10^6} \\ = 38.6 \times 10^{-6} \text{ 1/t}$$

(b) Guyon-Massonnetの解法による値

床組を床版と縦げたから成る直交異方性版と考えると、床版による幅員方向の荷重分配を考慮する。

(i) 床版と縦げたの合成作用を考えない場合

(1) 計算条件

支間(横げた間隔): $l = 5.64 \text{ m}$

幅員: $B = 6.36 \text{ m}$

縦げた間隔: 1.28 m

縦げた本数 : $m = 5$ 本

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 5.5$$

$$Q = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

$$\nu_s = 0.3$$

$$\nu_c = 0.15$$

(II) 縦げたの曲げ剛性

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{m}{B} J_s E_s \\ &= \frac{5}{6.36} \times 16275 \times E_s \\ &= 12795 \times E_s \quad (\text{kgcm}^2/m) \end{aligned}$$

(III) 床版の曲げ剛性

$$\begin{aligned} B_c &= \frac{1}{B} J_c E_c \\ &= \frac{1}{6.36} \times \frac{636 \times 13^3}{12} \times E_c \\ &= 18310 \times E_c \\ &= 3329 \times E_s \quad (\text{kgcm}^2/m) \end{aligned}$$

(IV) 縦げたのねじり剛性

$$\begin{aligned} D_s &= \frac{m}{B} \sum \frac{1}{3} b^3 G_s \\ &= \frac{5}{6.36} \times \frac{1}{3} \times (12.7 \times 1.5^3 \times 2 + 3.5 \times 1.1^3) \times 0.385 \times E_s \\ &= 13.35 \times E_s \quad (\text{kgcm}^2/m) \end{aligned}$$

(V) 床版のねじり剛性

$$\begin{aligned} D_c &= \frac{1}{B} \sum \frac{1}{3} B d^3 G_c \\ &= \frac{1}{6.36} \times \frac{1}{3} \times 636 \times 13^3 \times 0.429 \times E_c \\ &= 31417 \times E_c \\ &= 5712 \times E_s \quad (\text{kgcm}^2/m) \end{aligned}$$

(vi) 橋軸方向の曲げ剛性

$$\begin{aligned} B_x &= 12795 \text{ Es} + 3329 \text{ Es} \\ &= 16124 \text{ Es} \quad (\text{kgcm}^2/\text{m}) \end{aligned}$$

(vii) 橋軸直角方向の曲げ剛性

$$B_y = 3329 \text{ Es} \quad (\text{kgcm}^2/\text{m})$$

(viii) ねじり剛性

$$\begin{aligned} H &= (1335 \text{ Es} + 5712 \text{ Es})/2 \\ &= 2863 \text{ Es} \quad (\text{kgcm}^2/\text{m}) \end{aligned}$$

(ix) 曲げ剛性係数

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{\frac{1}{2} B}{\ell} \sqrt{\frac{B_x}{B_y}} \\ &= \frac{3.18}{5.64} \sqrt{\frac{16124}{3329}} \\ &= 0.836 \end{aligned}$$

(x) ねじり剛性係数

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{H}{\sqrt{B_x B_y}} \\ &= \frac{2863}{\sqrt{16124 \times 3329}} \\ &= 0.391 \end{aligned}$$

$$\sqrt{\alpha} = 0.625$$

(xi) 分配係数: $K\alpha$

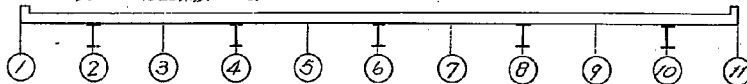
$\theta = 0.836$ 、 $\sqrt{\alpha} = 0.625$ に対する $K\alpha$ を Guyon-Massonnet の方法によって求めると表 4.7 のようになる。

表 4.7 Guyon-Massonnet 法による分配係数 ($K\alpha$) ($\eta=0.836 \quad \sqrt{\alpha}=0.625$)
 $K\alpha=K_0+(K_1-K_0)\sqrt{\alpha}$

		橋の幅員方向を 8 等分した点								
		b	3/4 · b	1/2 · b	1/4 · b	0	-1/4 · b	-1/2 · b	-3/4 · b	-b
f=0	K_1	0.595	0.755	0.975	1.255	1.425				
	K_0	-0.345	0.355	1.055	1.695	2.015				
	δ	0.940	0.400	-0.080	-0.440	-0.590				
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	0.588	0.250	-0.050	-0.275	-0.369				
	$K\alpha$	0.243	0.605	1.005	1.420	1.646	1.420	1.005	0.605	0.243
f=1/4 · b	K_1	0.775	1.150	1.365	1.475		0.930	0.660	0.480	0.365
	K_0	0.320	1.025	1.670	1.990		1.110	0.515	-0.020	-0.520
	δ	0.655	0.125	-0.305	-0.515		-0.130	0.145	0.500	0.885
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	0.410	0.077	-0.190	-0.322		-0.113	0.091	0.312	0.554
	$K\alpha$	0.730	1.102	1.480	1.668	1.420	0.997	0.606	0.292	0.034
f=1/2 · b	K_1	1.555	1.665	1.670				0.445	0.310	0.225
	K_0	1.750	2.030	2.100				0.115	-0.200	-0.450
	δ	-0.195	-0.365	-0.430				0.330	0.510	0.675
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	-0.122	-0.228	-0.269				0.206	0.319	0.422
	$K\alpha$	1.628	1.802	1.831	1.480	1.005	0.606	0.321	0.119	-0.028
f=3/4 · b	K_1	2.415	2.160						0.210	0.150
	K_0	4.175	3.185						-0.255	-0.290
	δ	-1.760	-1.025						0.465	0.440
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	-1.100	-0.640						0.290	0.275
	$K\alpha$	3.075	2.545	1.802	1.102	0.605	0.292	0.119	0.035	-0.015
f=b	K_1	3.490								0.100
	K_0	7.430								-0.110
	δ	-3.940								0.210
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	-2.460								0.131
	$K\alpha$	4.970	3.075	1.628	0.730	0.243	0.034	-0.028	-0.015	0.021

さらに縦げた位置および床版の支間中央の位置における $K\alpha$ の値を求めると表 4.8 のようになる。

表 4.8 分配係数 $K\alpha$



載荷点	分配係数 $K\alpha$ を求める点										
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
①	4.96	3.50	2.27	1.28	0.64	0.24	0.08	-0.01	-0.02	-0.01	0.02
②	3.50	2.86	2.15	1.49	0.94	0.53	0.29	0.14	0.06	0.01	-0.01
③	2.27	2.15	1.96	1.64	1.23	0.83	0.54	0.32	0.16	0.06	-0.02
④	1.28	1.49	1.64	1.64	1.49	1.16	0.84	0.56	0.32	0.14	-0.01
⑤	0.64	0.94	1.23	1.49	1.62	1.47	1.16	0.84	0.54	0.29	0.08
⑥	0.24	0.53	1.83	1.16	1.47	1.64	1.47	1.16	0.83	0.53	0.24

(XII) 平均たわみ量

$$\begin{aligned}
 W_0 &= \frac{1}{B} \times \frac{P l^3}{48 E I} \\
 &= \frac{1}{6.36} \times \frac{1000 \times 564^3}{48 \times 2.1 \times 10^6 \times 16124} \\
 &= 0.173 \text{ mm/t}
 \end{aligned}$$

(XIII) 各点のたわみ

$$W_n = W_0 \times K \alpha$$

表 4.9 各点のたわみ

載荷点	たわみを求める点										
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
①	0.858	0.606	0.392	0.221	0.111	0.042	0.014	-0.002	-0.003	-0.002	+0.003
②	0.606	0.495	0.372	0.258	0.163	0.092	0.050	0.024	0.010	0.002	-0.002
③	0.392	0.372	0.339	0.284	0.213	0.144	0.093	0.055	0.028	0.010	-0.003
④	0.221	0.258	0.284	0.284	0.258	0.201	0.145	0.097	0.055	0.024	-0.002
⑤	0.111	0.163	0.213	0.258	0.280	0.254	0.201	0.145	0.093	0.050	0.014
⑥	0.042	0.092	0.144	0.201	0.254	0.284	0.254	0.201	0.144	0.092	0.042

(mm/t)

(2) 床版と縦げたの合成作用を考えた場合

(i) 橋軸方向の曲げ剛性

$$\begin{aligned}
 Bx &= \frac{m}{B} I v E s \\
 &= \frac{5}{6.36} \times 78872 \times E s \\
 &= 62006 \times E s \quad (\text{kgcm}^2/m)
 \end{aligned}$$

(ii) 橋軸直角方向の曲げ剛性

$$By = 3329 \times E s \quad (\text{kgcm}^2/m)$$

(iii) 橋軸方向のねじり剛性

$$\begin{aligned}
 Dx &= 1335 \times E s + 5712 \times E s \\
 &= 5725.35 \times E s \quad (\text{kgcm}^2/m)
 \end{aligned}$$

(iv) 橋軸直角方向のねじり剛性

$$Dy = 5712 \times E s \quad (\text{kgcm}^2/m)$$

(v) ねじり剛性

$$H = (5725.35 E s + 5712 E s) / 2$$

$$= 5719 \times E s \quad (kgcm^2/m)$$

(vi) 曲げ剛性係数

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{\frac{1}{2} B}{l} \sqrt{\frac{B x}{B y}} \\ &= \frac{3.18}{5.64} \sqrt{\frac{62006}{3329}} \\ &= 1.171 \end{aligned}$$

(vii) ねじり剛性係数

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{H}{\sqrt{B x B y}} \\ &= \frac{5719}{\sqrt{62006 \times 3329}} \\ &= 0.398 \\ \sqrt{\alpha} &= 0.632 \end{aligned}$$

(viii) 分配係数: $K\alpha$

$\theta = 1.171$, $\sqrt{\alpha} = 0.632$ に対する $K\alpha$ を Guyon-Massonnet の方法によって求めると表 4.10 のようになる。

さらに縦げたの位置および床版支間中央の位置における $K\alpha$ の値を求めると表 4.11 のようになる。

表 4.11 分配係数 $K\alpha$

載荷点	分配係数を求める点										
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
①	6.92	4.16	1.92	0.74	0.18	-0.02	-0.05	-0.03	0.01	0.04	0.07
②	4.16	3.48	2.27	1.32	0.64	0.24	0.09	0.02	0.00	0.02	0.04
③	1.92	2.27	2.44	1.93	1.20	0.65	0.30	0.12	0.04	0.00	0.01
④	0.74	1.32	1.93	2.28	1.84	1.17	0.63	0.29	0.12	0.02	-0.03
⑤	0.18	0.64	1.20	1.84	2.18	1.80	1.17	0.63	0.30	0.09	-0.05
⑥	-0.02	0.24	0.65	1.17	1.80	2.18	1.80	1.17	0.65	0.24	-0.02

(ix) 平均たわみ量

$$\begin{aligned} w_0 &= \frac{1}{B} \times \frac{P l^3}{48 E I} \\ &= \frac{1}{636} \times \frac{1000 \times 564^3}{48 \times 2.1 \times 10^9 \times 62006} \\ &= 0.0451 \text{ mm/t} \end{aligned}$$

(X) 各点のたわみ

$$W_n = W_0 \times K\alpha$$

表 4.1 2 各点のたわみ

載荷点	たわみを求める点										
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
①	0.312	0.188	0.087	0.033	0.008	0.001	-0.002	-0.001	0.001	0.002	0.003
②	0.188	0.157	0.102	0.060	0.029	0.011	0.004	0.001	0.000	0.001	0.002
③	0.087	0.102	0.110	0.087	0.054	0.029	0.014	0.005	0.002	0.000	0.001
④	0.033	0.060	0.087	0.103	0.083	0.053	0.028	0.013	0.005	0.001	-0.001
⑤	0.008	0.029	0.054	0.083	0.098	0.081	0.053	0.028	0.014	0.004	-0.002
⑥	0.001	0.011	0.029	0.053	0.081	0.098	0.081	0.053	0.029	0.011	0.001

(mm/t)

表 4.1 0 Guyon-Massonnet 法による分配係数 ($K\alpha$)

$$\begin{aligned} \theta &= 1.171 \quad \sqrt{\alpha} = 0.632 \\ K\alpha &= K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{\alpha} \end{aligned}$$

載荷点	橋の幅員方向を 8 等分した点									
		b	3/4 · b	1/2 · b	1/4 · b	0	-1/4 · b	-1/2 · b	-3/4 · b	-b
f=0	K_1	0.353	0.544	0.892	1.448	1.871				
	K_0	-0.672	0.038	0.902	1.990	2.700				
	δ	1.025	0.506	-0.010	-0.542	-0.829				
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	0.648	0.320	-0.006	-0.343	-0.524				
	$K\alpha$	-0.024	0.358	0.896	1.647	2.176	1.647	0.896	0.358	-0.024
f=1/4 · b	K_1	0.740	1.045	1.532	1.903		0.860	0.473	0.280	0.165
	K_0	-0.552	0.719	1.974	2.716		0.923	0.213	-0.162	-0.412
	δ	1.292	0.335	-0.442	-0.813		-0.063	0.260	0.442	0.577
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	0.817	0.212	-0.279	-0.514		-0.040	0.164	0.279	0.365
	$K\alpha$	0.265	0.922	1.695	2.202	1.647	0.883	0.377	0.117	-0.047
f=1/2 · b	K_1	1.497	1.840	2.080				0.243	0.132	0.075
	K_0	0.758	2.010	2.725				-0.075	-0.148	-0.155
	δ	0.739	-0.170	-0.654				0.318	0.280	0.230
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	0.467	-0.107	-0.408				0.201	0.177	0.145
	$K\alpha$	1.225	1.903	2.317	1.695	0.896	0.377	0.126	0.029	-0.010
f=3/4 · b	K_1	2.854	2.670						0.070	0.040
	K_0	4.320	3.527						-0.065	0.016
	δ	-1.466	-0.857						0.135	0.024
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	-0.927	-0.542						0.085	0.015
	$K\alpha$	3.393	2.985	1.903	0.922	0.358	0.117	0.029	0.020	0.031
f=b	K_1	4.900								0.020
	K_0	10.400								0.155
	δ	-5.500								-0.135
	$\sqrt{\alpha} \cdot \delta$	-3.476								-0.085
	$K\alpha$	6.924	3.393	1.225	0.265	-0.024	-0.047	-0.010	0.031	0.070

5. 測定結果

5-1 床版

床版の測定結果を次表のとおり以下に示す。

表 5.1 床版の測定結果を表わす図および写真の番号

項 目 図、写真番号		実験番号			片持部			端 支 間					中 間 支 間				
		①	⑥	⑩	③	④	⑦	⑨	⑬	⑮	②	⑤	⑧	⑪	⑭	⑯	
(1)荷重—たわみ曲線	図 5.1	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	
(2)たわみの分布曲線	図 5.2	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o) (p)	
(3)荷重—ひずみ曲線	図 5.3				(d)	(e)	(f)		(h)	(i)	(j)						
(4)荷重—ひびわれ幅曲線	図 5.4	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	
(5)ひびわれ、破壊状況	写真 5.1	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	

図 5.2 (p) は床組のたわみが比較的弾性的性質を示す荷重 10 t のときの各実験における橋軸直角方向のたわみの分布状態を示したものであるが、これによると実測値は床版と縦げたの合成作用を考えた場合と考えない場合のそれぞれの計算値のあいだに入っている。また地覆の剛性が片持部のたわみに影響を与えていることもこの図からわかる。

また、実験の対象とした床版は永年供用されてきたものであって、その下面にすでに微小なクラックが生じていたので、明確な荷重とひずみの関係が得られなかった。ここにはその 1 部を例としてあげるにとどめる。

なお片持床版および中間支間部床版の載荷点の破壊状況の例を写真 5.2 (c) および写真 5.2 (l) にそれぞれ示す。



写真 5.2 (c) 載荷点の破壊状況 (実験番号: ⑩)

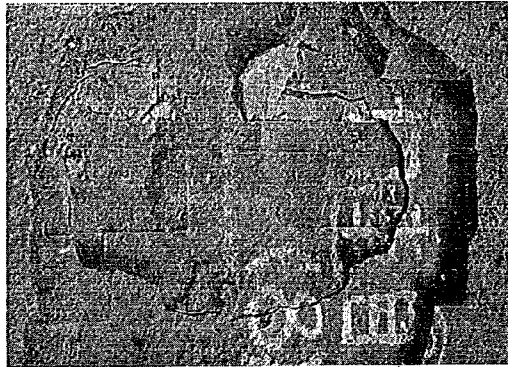


写真 5. 2(1) 載荷点の破壊状況(実験番号:⑧)

なお、各床版の破壊強度は次表のとおりである。

表 5. 2 床版の破壊強度

床 版	実験番号	破 壊 荷 重 (t)	平均破壊荷重(t)
片 持 部	1	4 0.0	4 2.5
	6	4 7.5	
	11	4 0.0	
端 支 間	3	(6 0.0)	5 8.5
	4	6 4.0	
	7	5 9.0	
	9	5 8.0	
	13	5 4.0	
	15	5 6.0	
	2	(7 0.0)	
中 間 支 間	5	6 1.0	6 8.2
	8	7 3.0	
	10	7 3.5	
	12	6 0.5	
	14	7 1.0	

注：() は破壊に至らなかったことを示す。

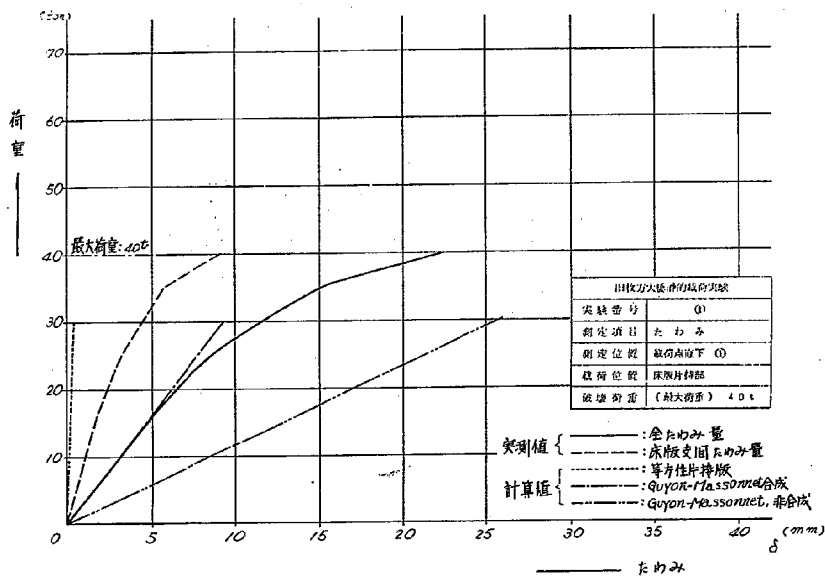


図 5.1(a) 荷重-たわみ曲線

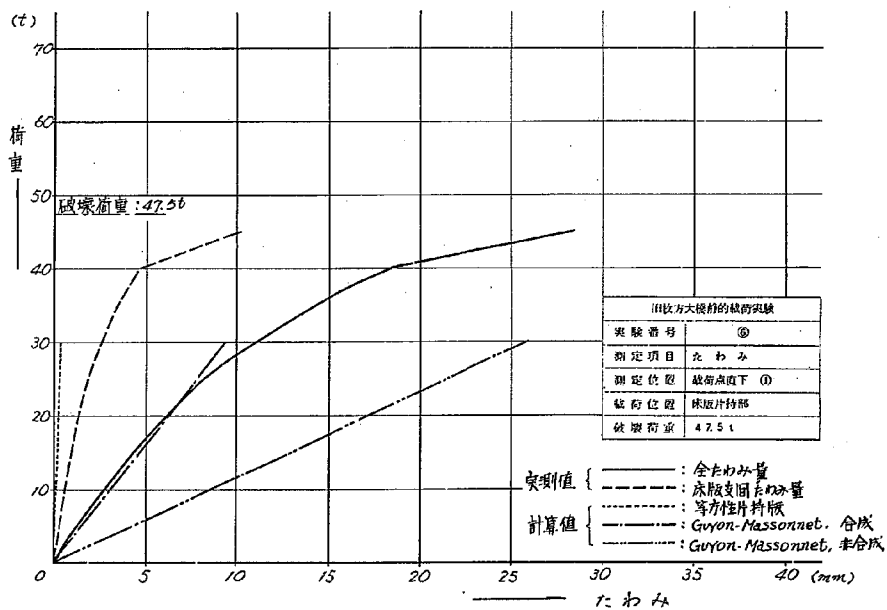


図 5.1(b) 荷重-たわみ曲線

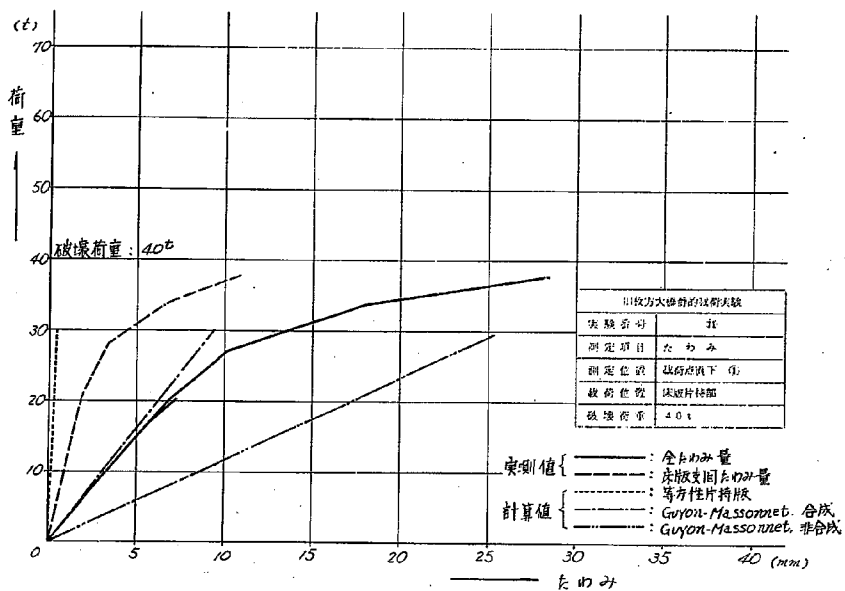


図 5.1(c) 荷重—たわみ曲線

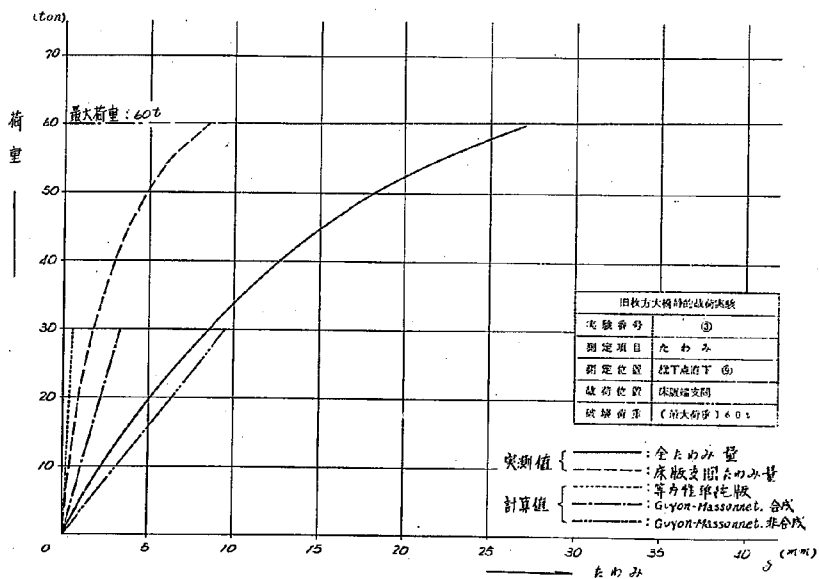


図 5.1(a) 荷重—たわみ曲線

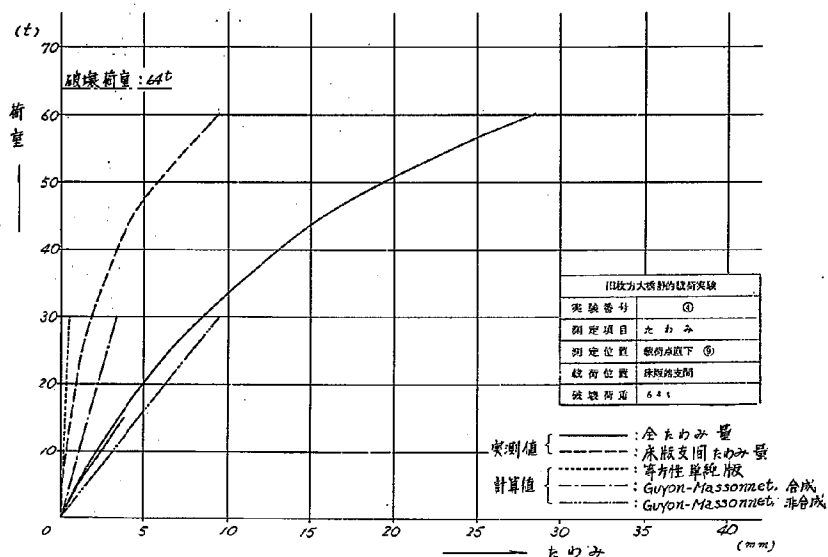


図 5.1(e) 荷重—たわみ曲線

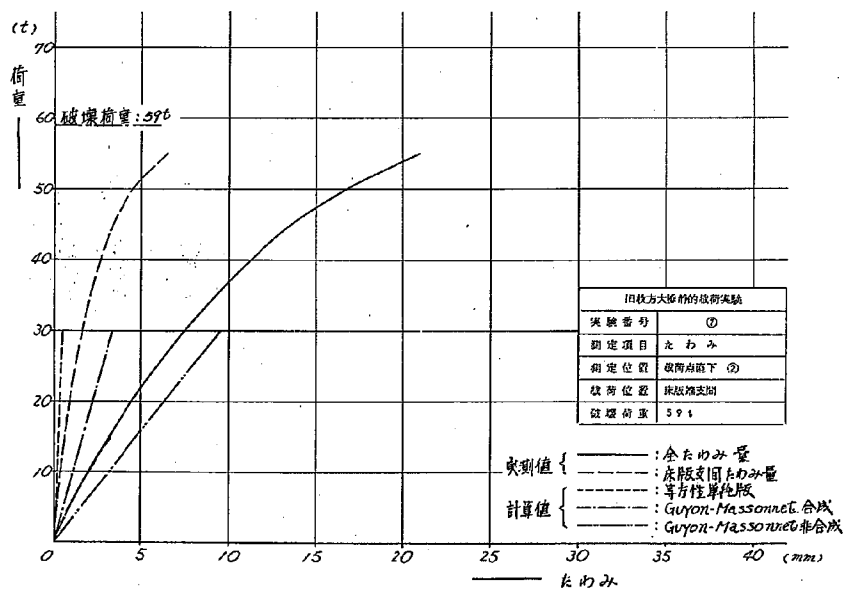


図 5.1(f) 荷重—たわみ曲線

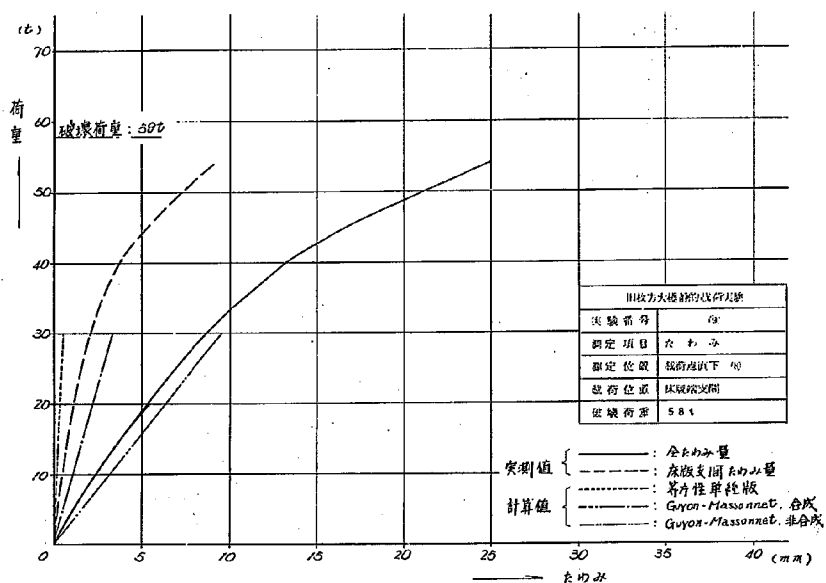


図 5.1 (g) 荷重-たわみ曲線

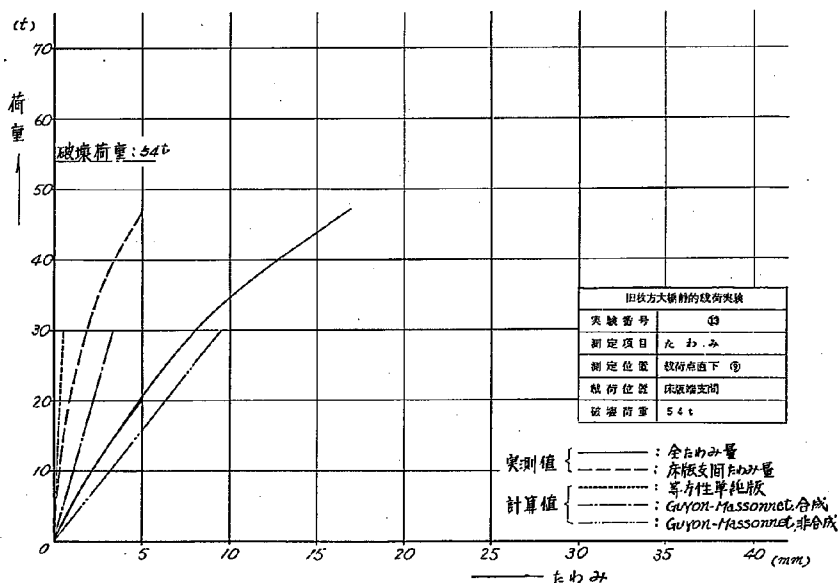


図 5.1 (h) 荷重-たわみ曲線

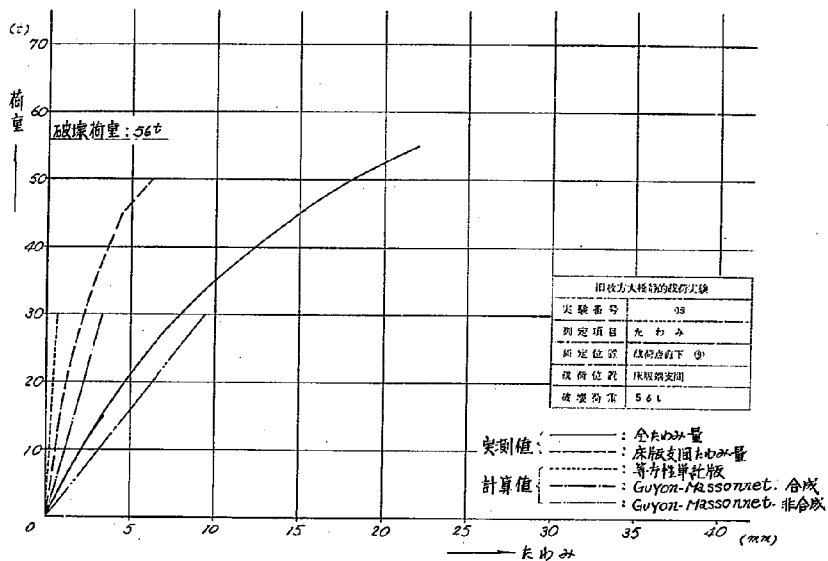


図 5.1(i) 荷重—たわみ曲線

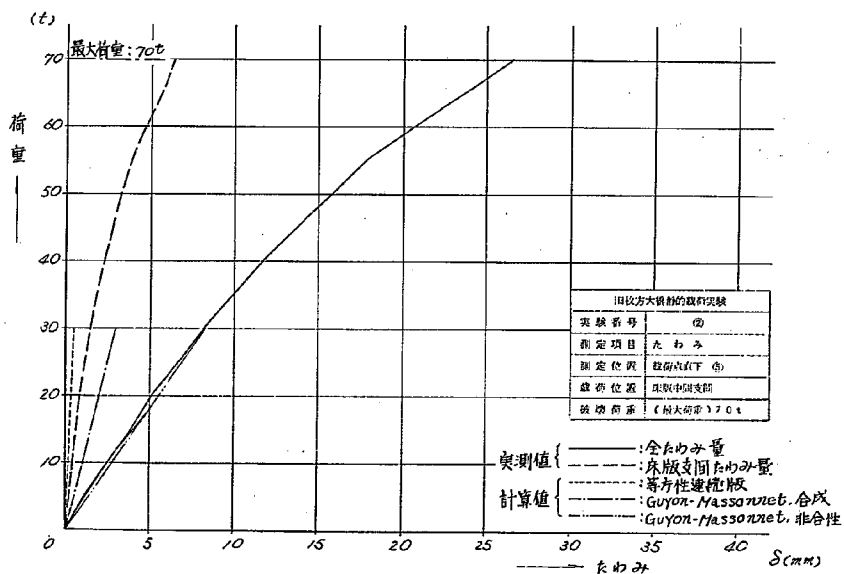


図 5.1(j) 荷重—たわみ曲線

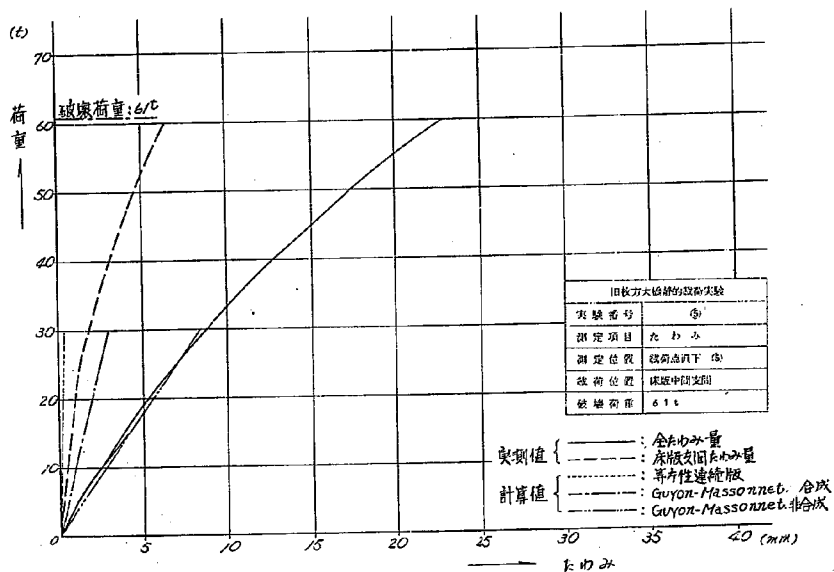


図 5.1(k) 荷重—たわみ曲線

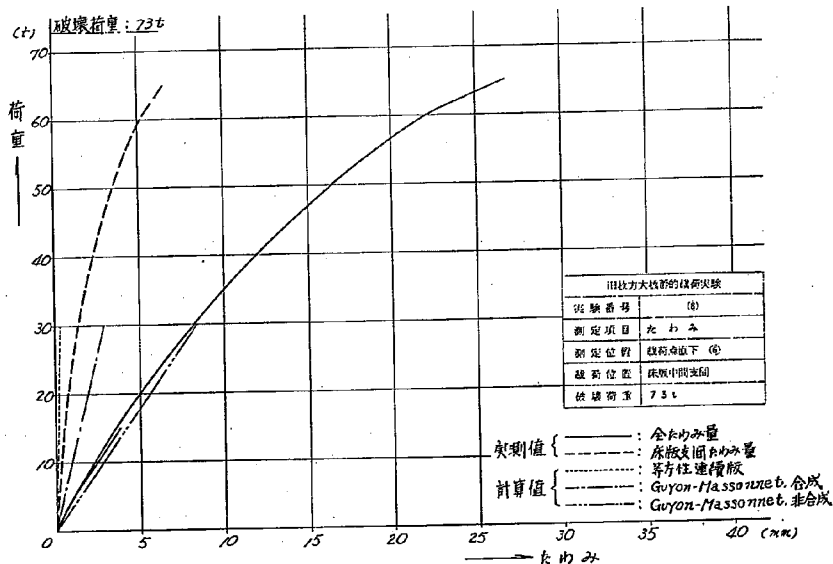


図 5.1(l) 荷重—たわみ曲線

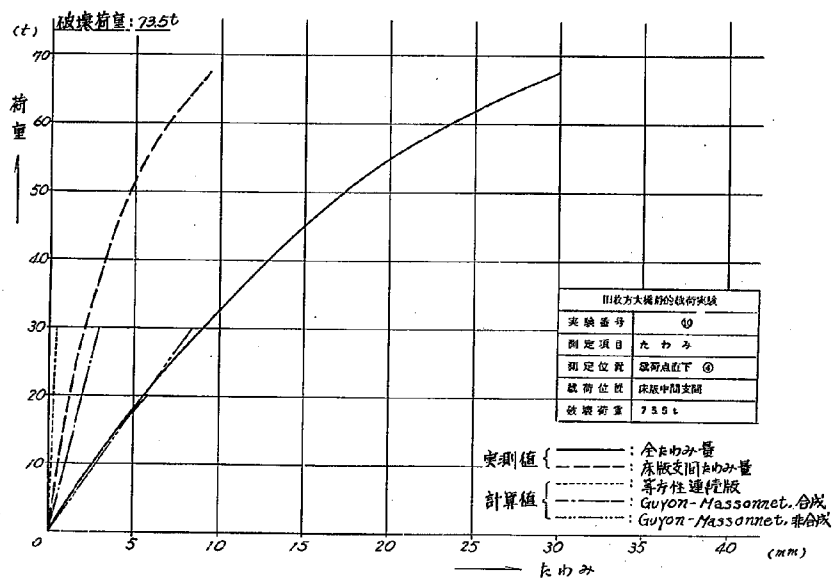


図 5.1(m) 荷重—たわみ曲線

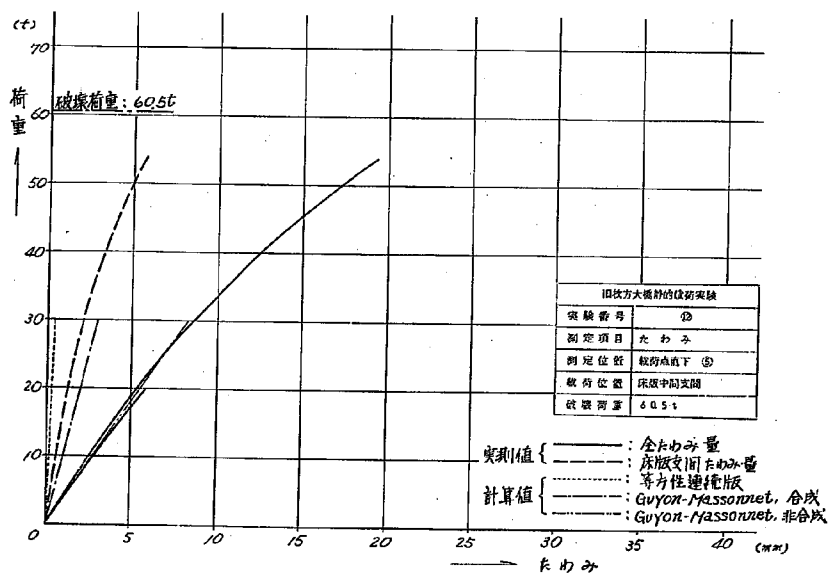


図 5.1(n) 荷重—たわみ曲線

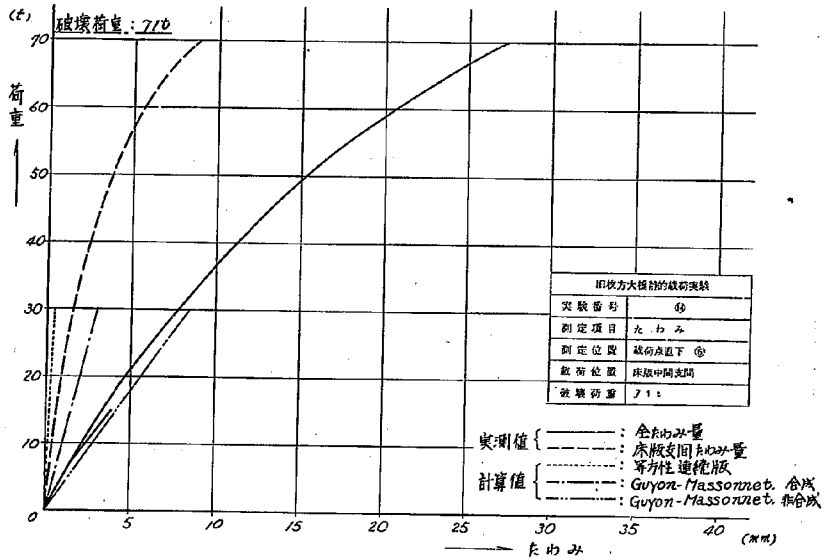


図 5.1(c) 荷重—たわみ曲線

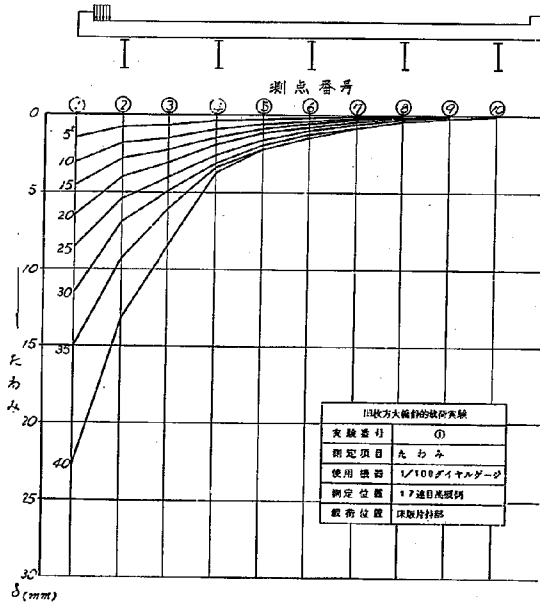


図 5.2(a) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

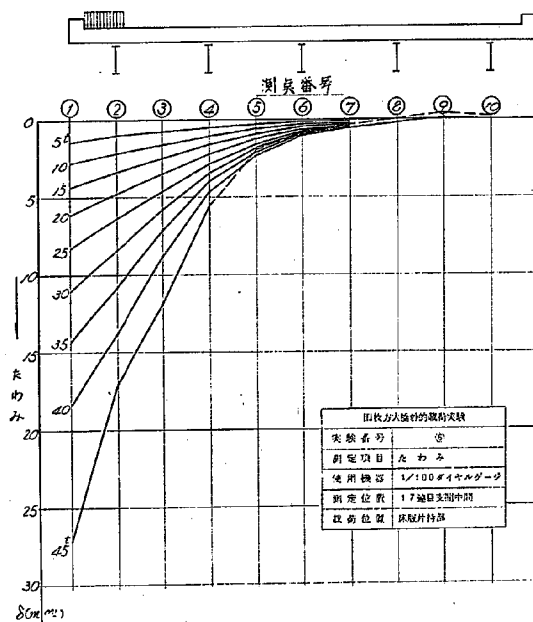


図 5.2(b) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

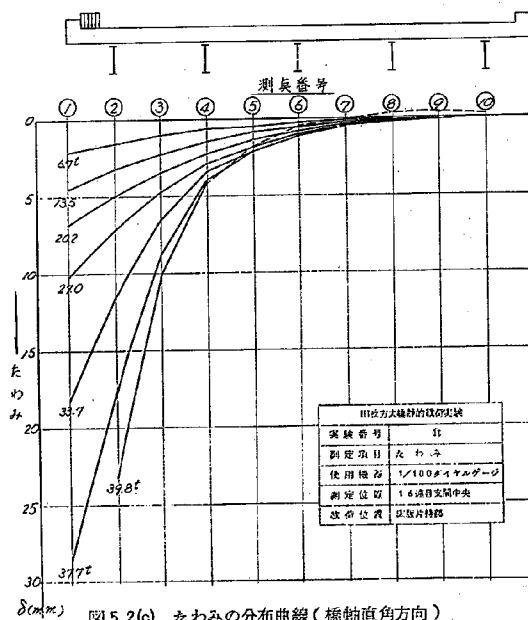


図 5.2(c) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

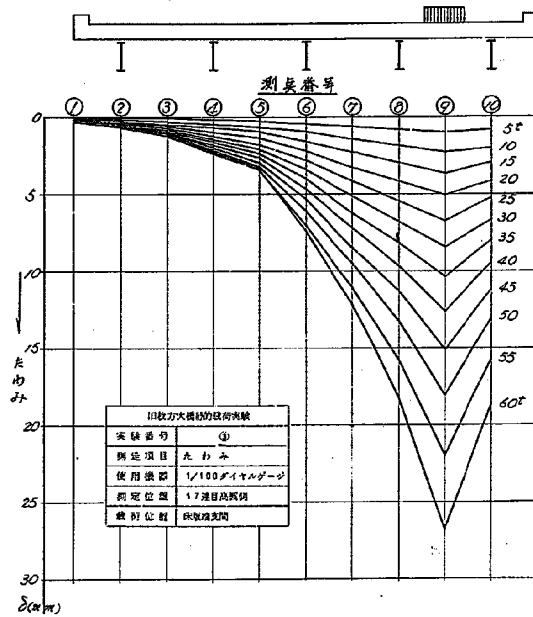


図 5.2(d) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

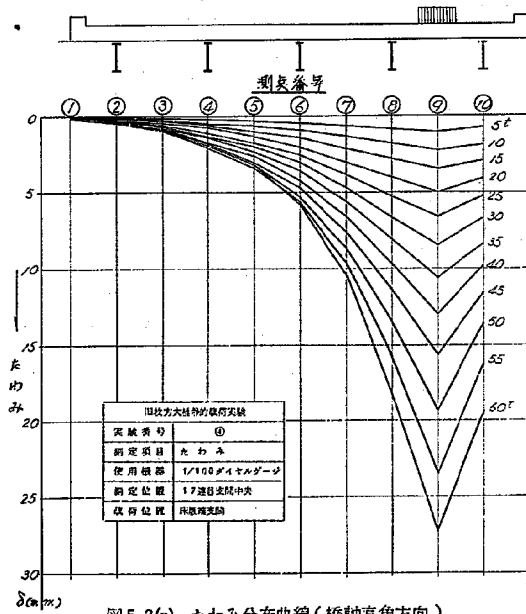


図 5.2(e) たわみ分布曲線 (橋軸直角方向)

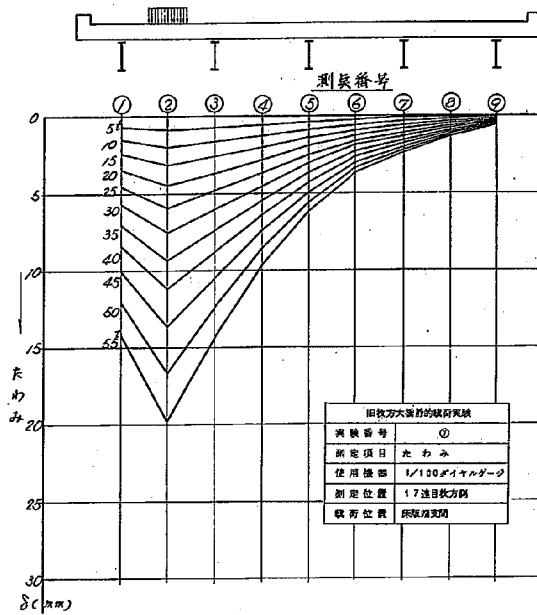


図 5.2(f) たわみの分布曲線 (橋脚直角方向)

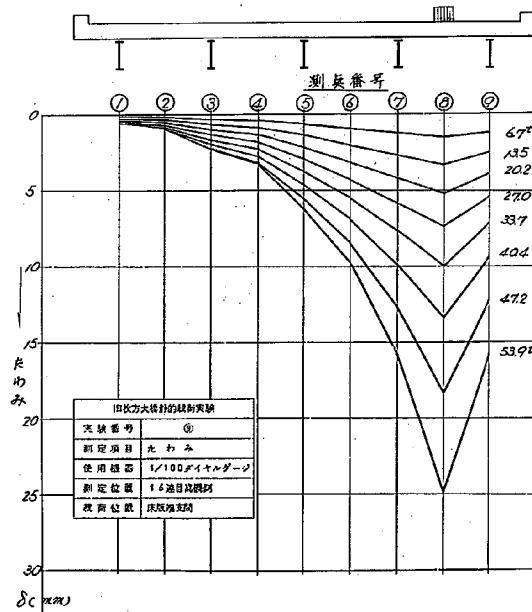


図 5.2(g) たわみの分布曲線 (橋脚直角方向)

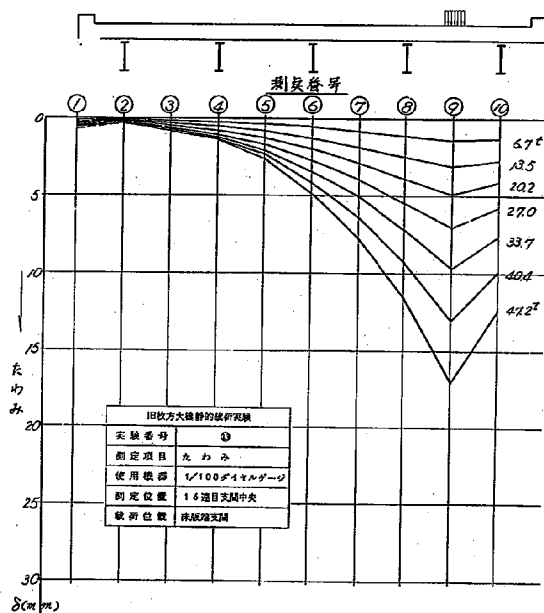


図 5.2(h) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

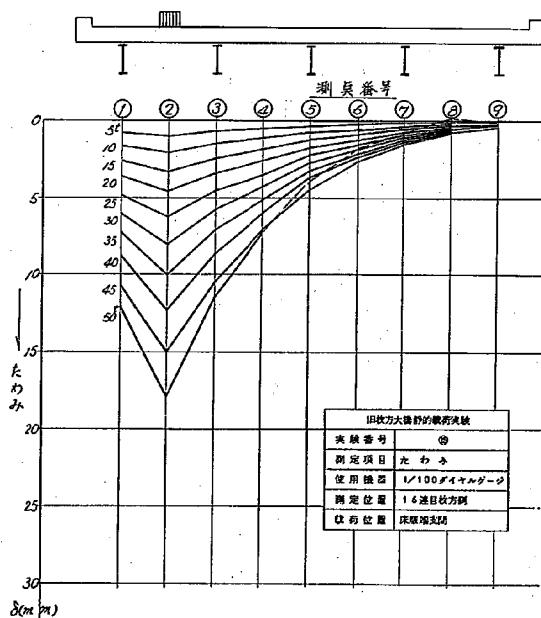


図 5.2(i) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

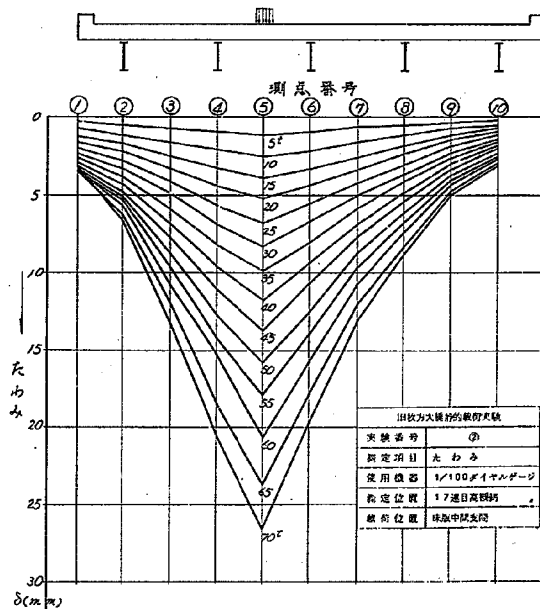


図 5.2(j) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

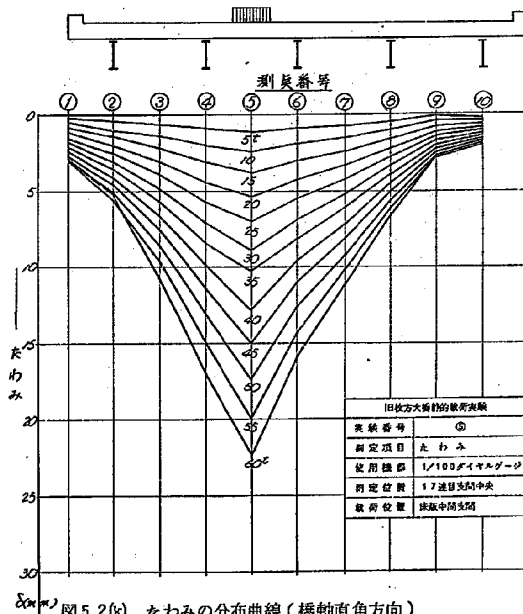
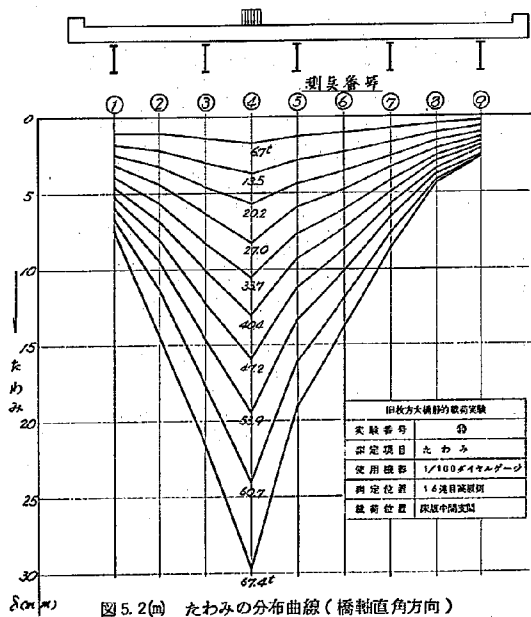
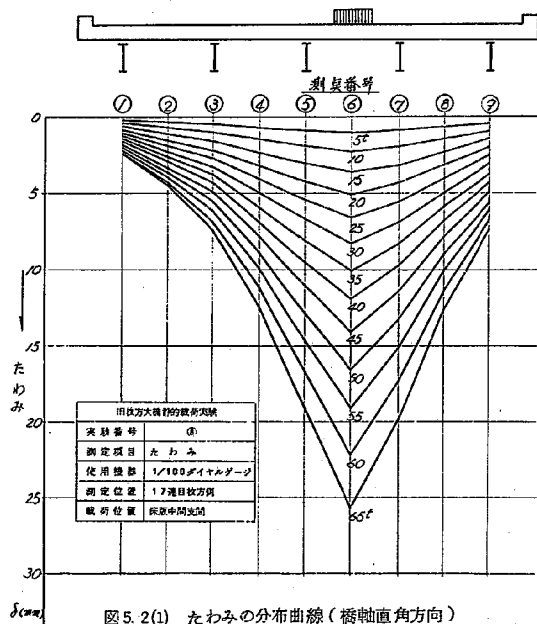


図 5.2(k) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)



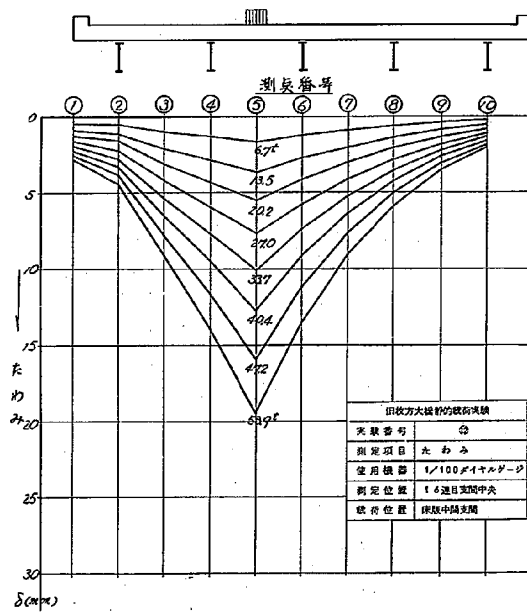


図 5.2(n) たわみの分布曲線(橋軸直角方向)

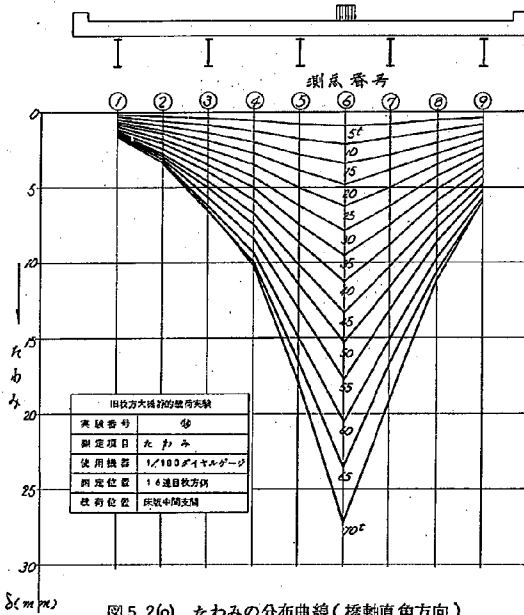


図 5.2(o) たわみの分布曲線(橋軸直角方向)

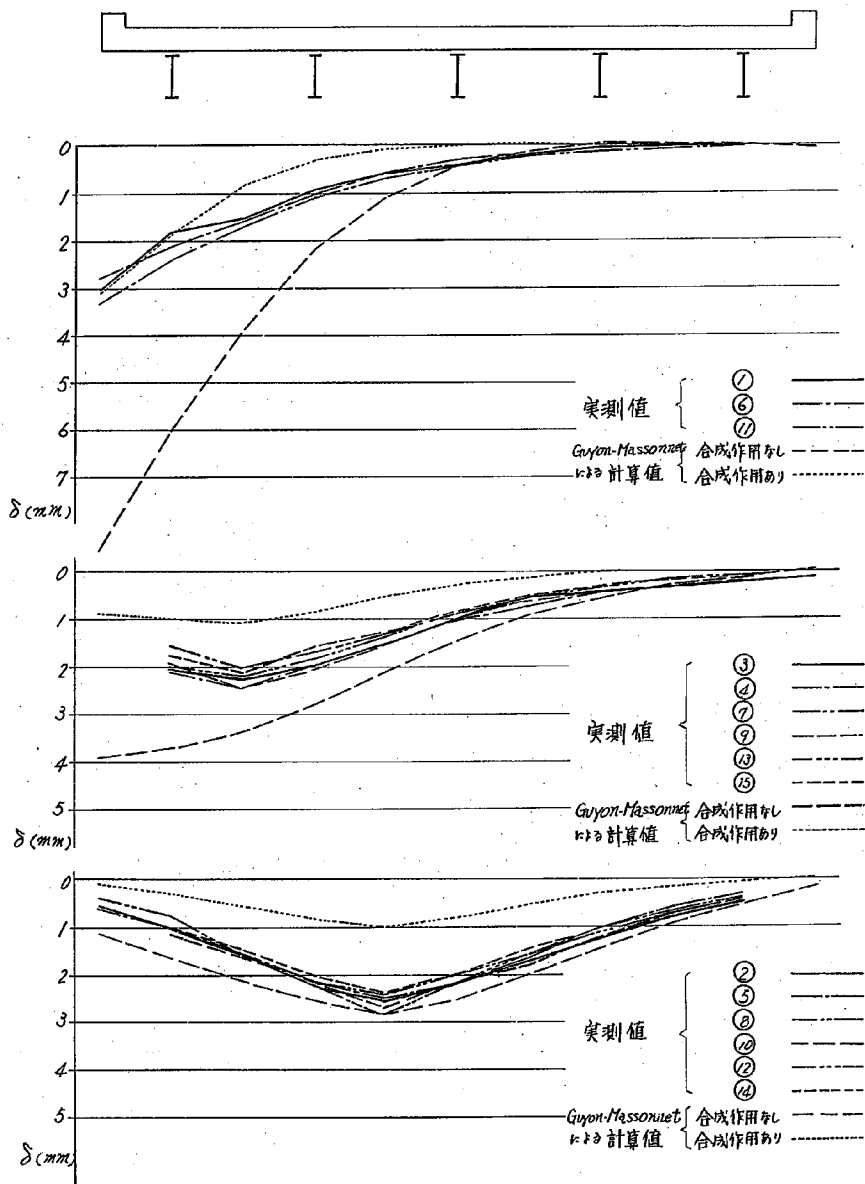


図 5.2(b) 床組のたわみ曲線 ($P = 10\text{ t}$)

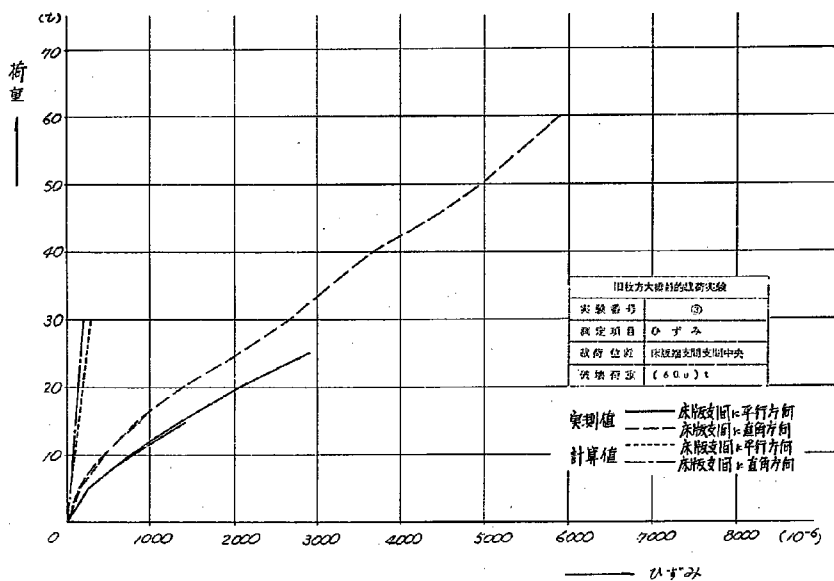


図 5.3(a) 荷重—ひずみ曲線

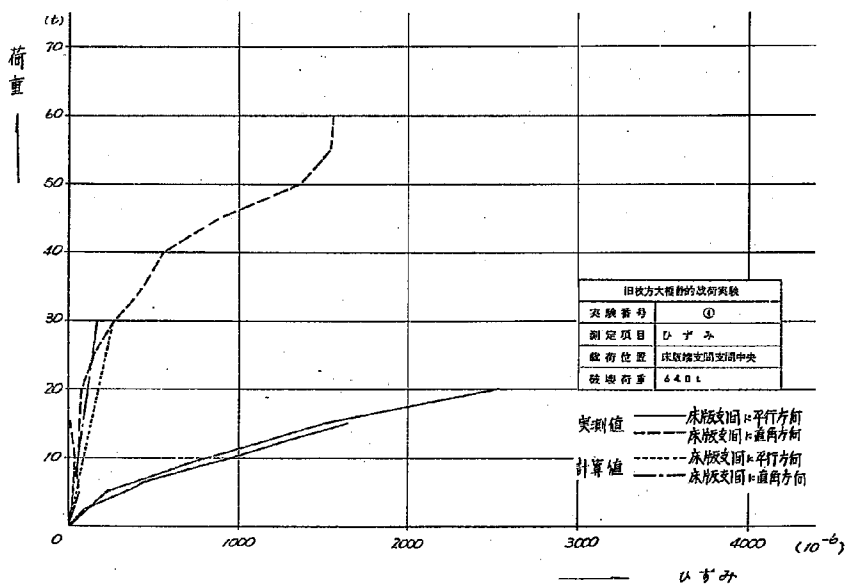


図 5.3(a) 荷重—ひずみ曲線

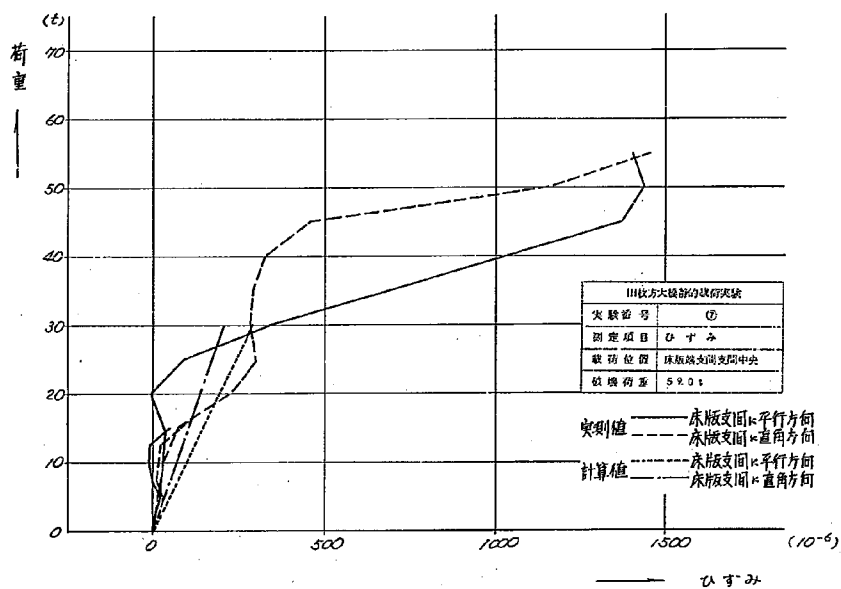


図 5.3(f) 荷重—ひずみ曲線

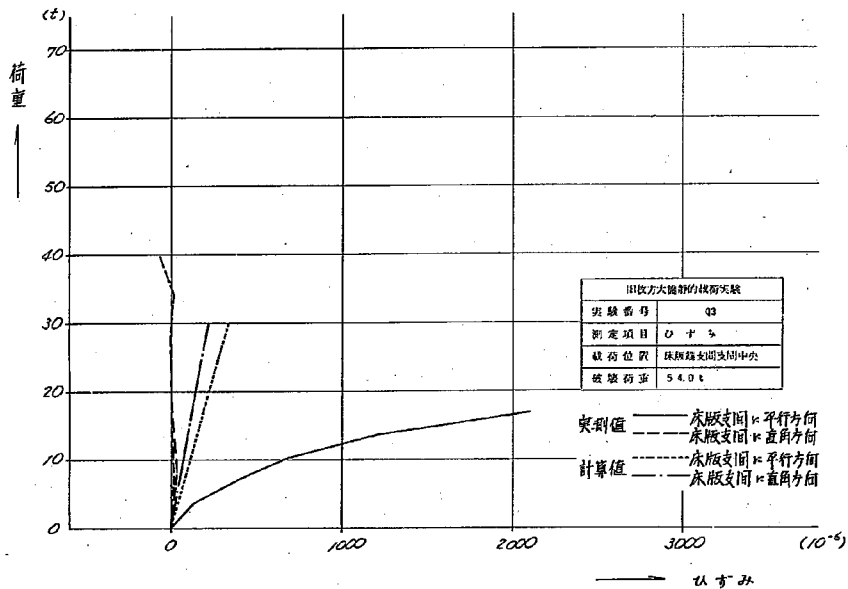


図 5.3(h) 荷重—ひずみ曲線

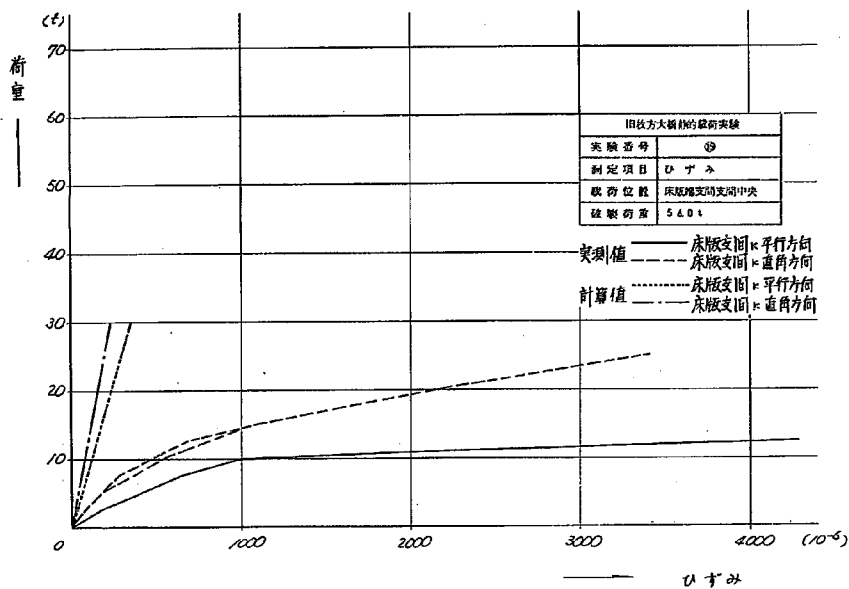


図 5.3(i) 荷重-ひずみ曲線

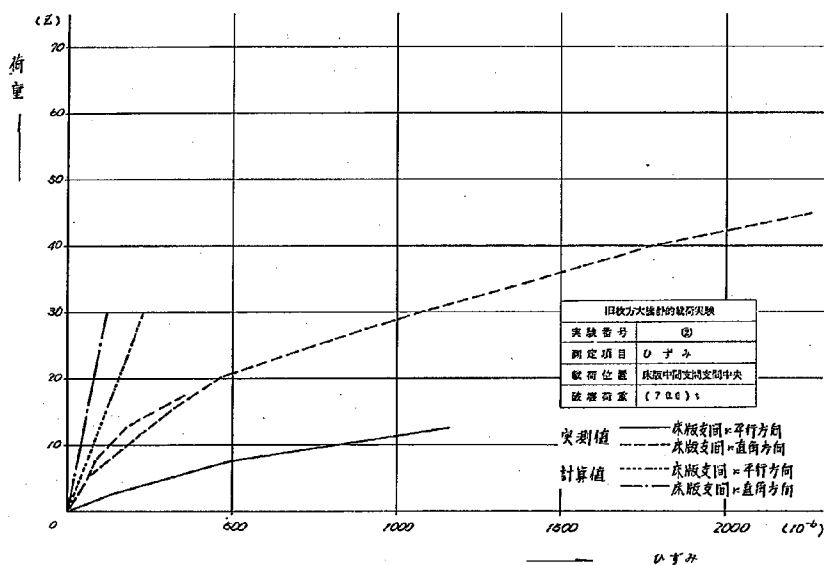


図 5.3(j) 荷重-ひずみ曲線

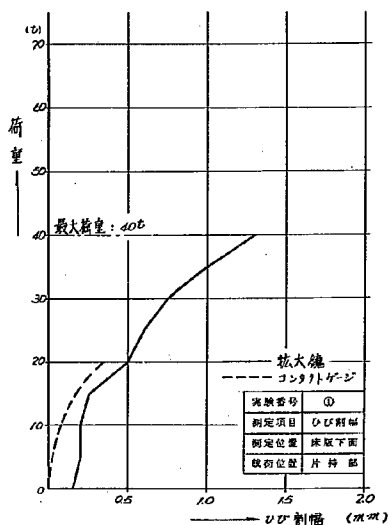


図 5.4(a) 荷重-ひびわれ幅曲線

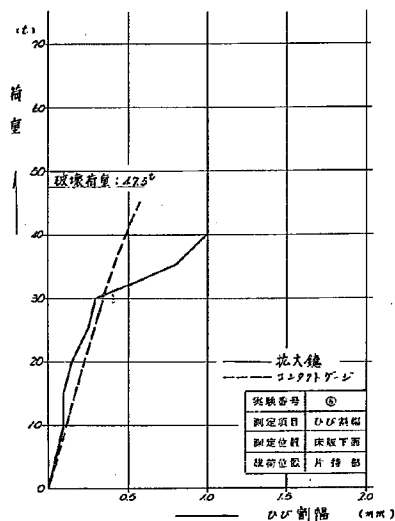


図 5.4(b) 荷重-ひびわれ幅曲線

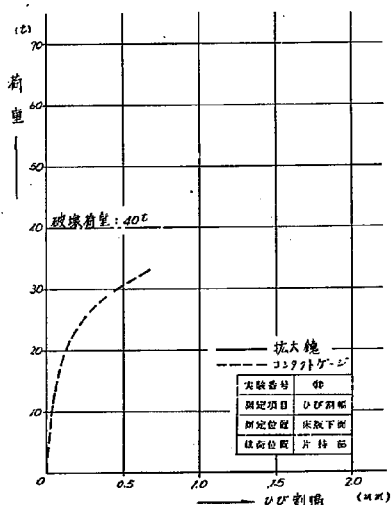


図 5.4(c) 荷重-ひびわれ幅曲線

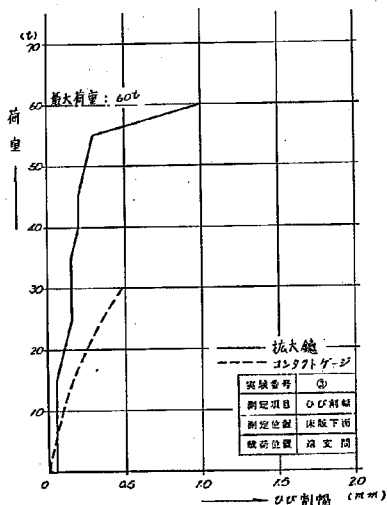


図 5.4(d) 荷重-ひびわれ幅曲線

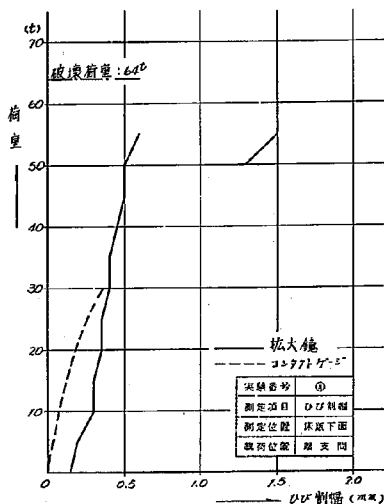


図 5. 4 (a) 荷重-ひびわれ幅曲線

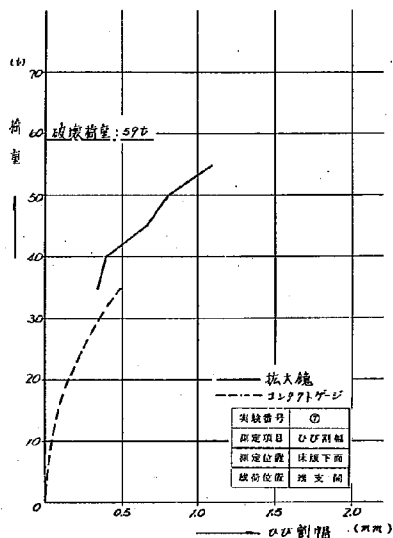


図 5. 4 (c) 荷重-ひびわれ幅曲線

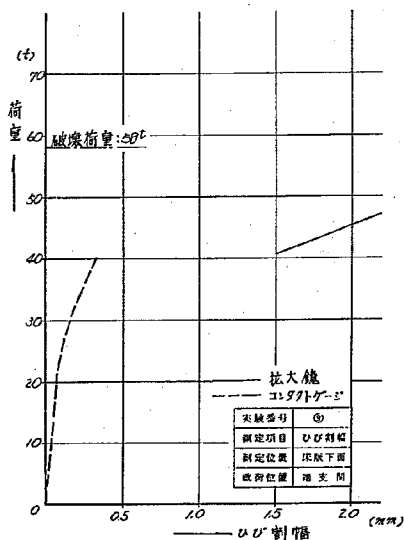


図 5. 4 (g) 荷重-ひびわれ幅曲線

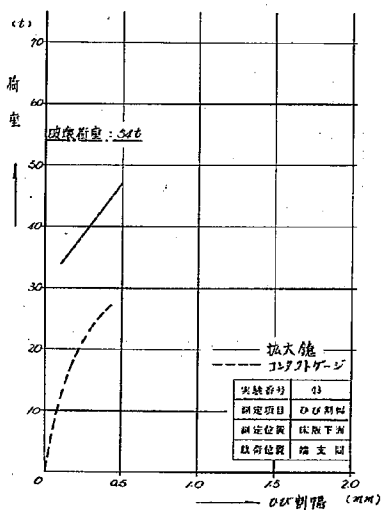


図 5. 4 (h) 荷重-ひびわれ幅曲線

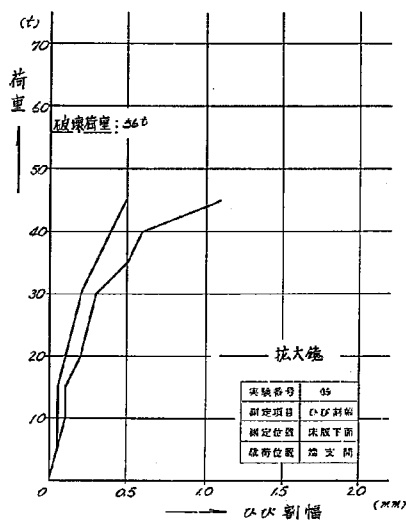


図 5.4(i) 荷重-ひびわれ幅曲線

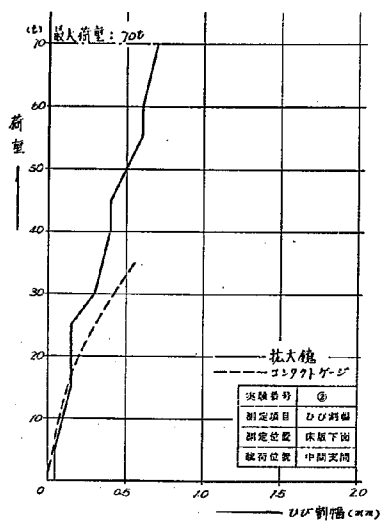


図 5.4(j) 荷重-ひびわれ幅曲線

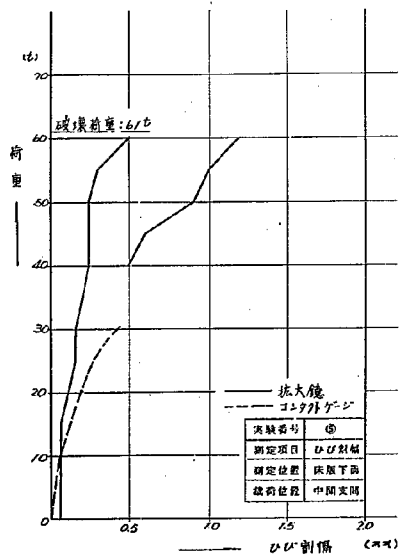


図 5.4(k) 荷重-ひびわれ幅曲線

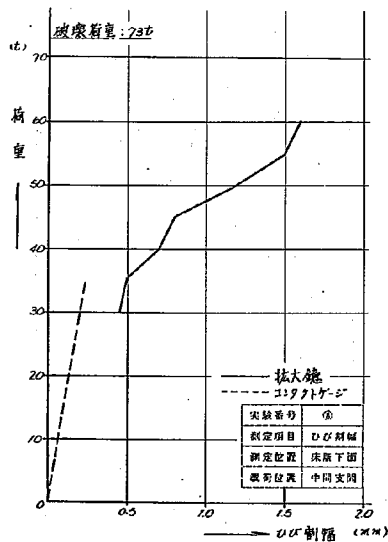


図 5.4(l) 荷重-ひびわれ幅曲線

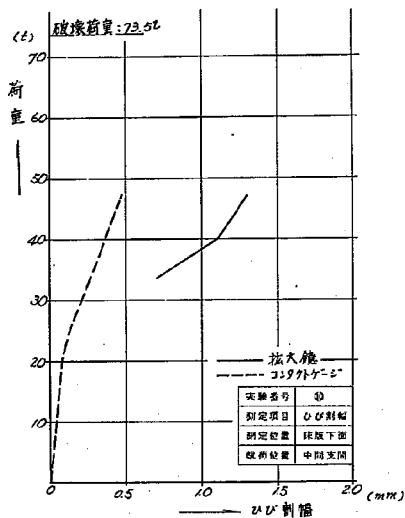


図 5.4(m) 荷重-ひびわれ幅曲線

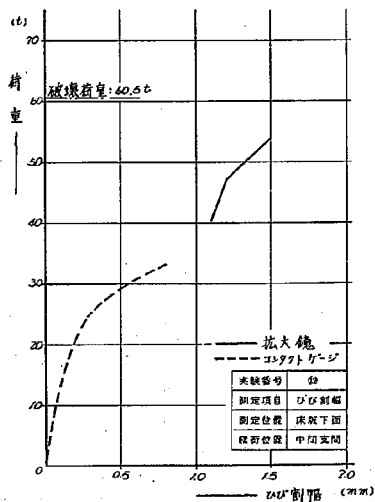


図 5.4(n) 荷重-ひびわれ幅曲線

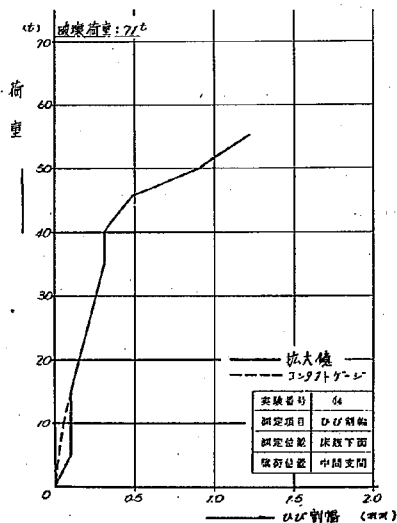


図 5.4(o) 荷重-ひびわれ幅曲線

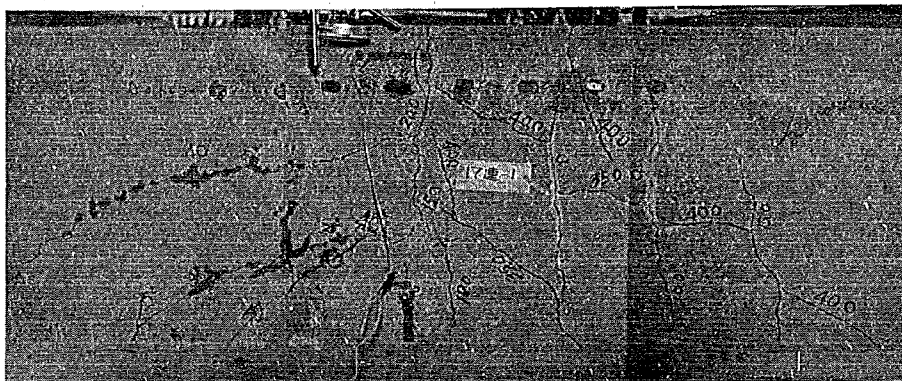


写真 5. 1(a) 床版下面のひびわれ破壊状況 (片持部: ①)



写真 5. 1(b) 床版下面のひびわれ破壊状況 (片持部: ⑥)

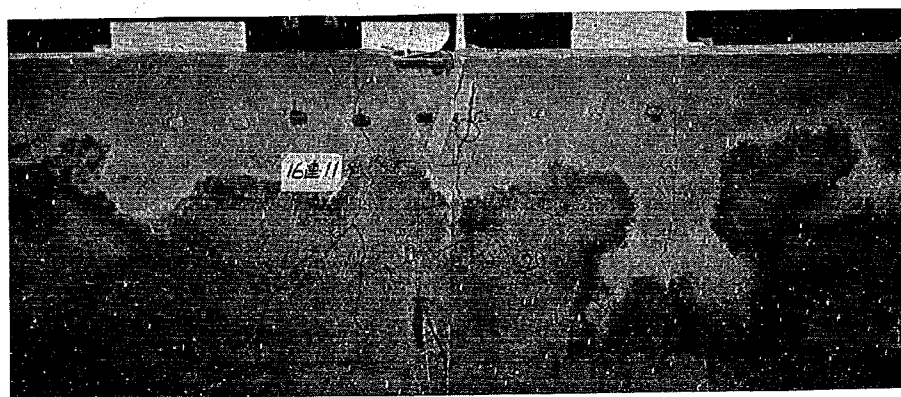


写真 5. 1(c) 床版下面のひびわれ破壊状況 (片持部: ⑩)

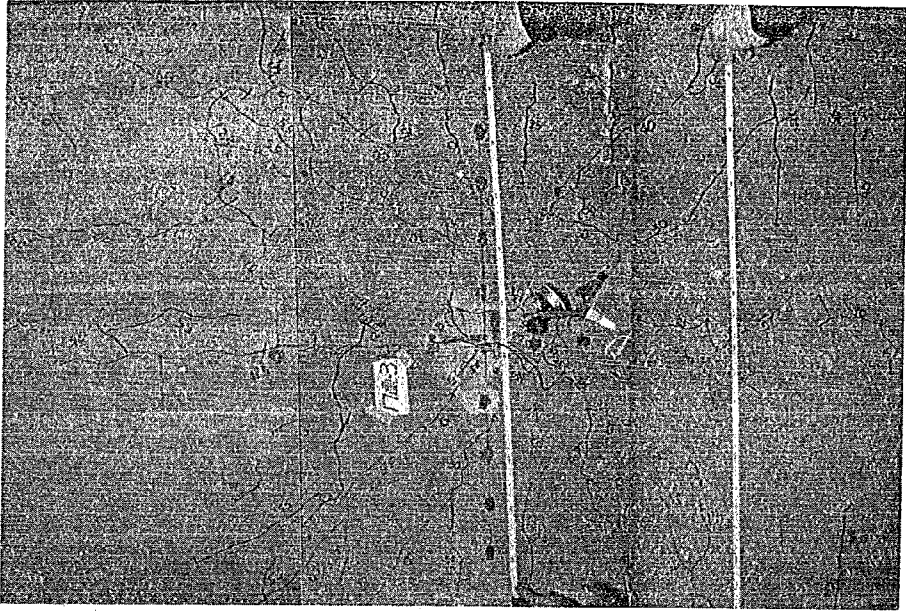


写真 5. 1(a) 床版下面のひびわれ破壊状況 (端支間: ③)

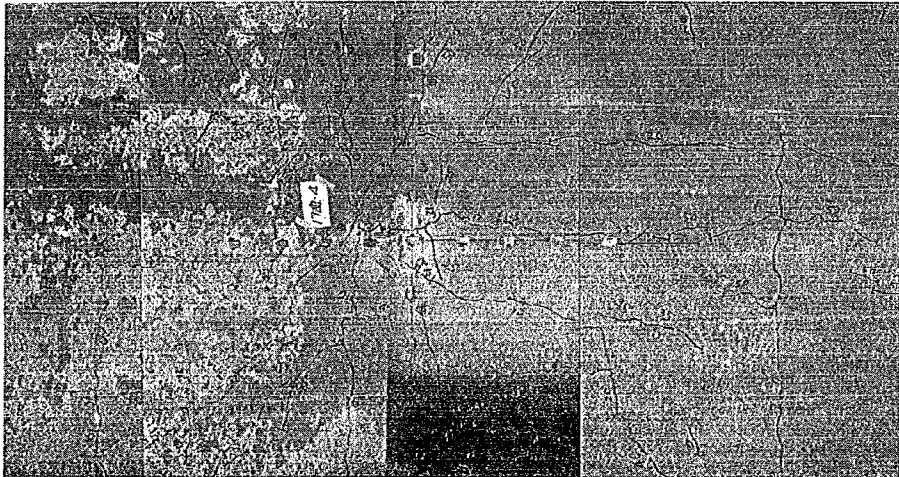


写真 5. 1(a) 床版下面のひびわれ破壊状況 (端支間: ④)



写真 5.1(f) 床版下面のひびわれ破損状況（端支間：⑦）

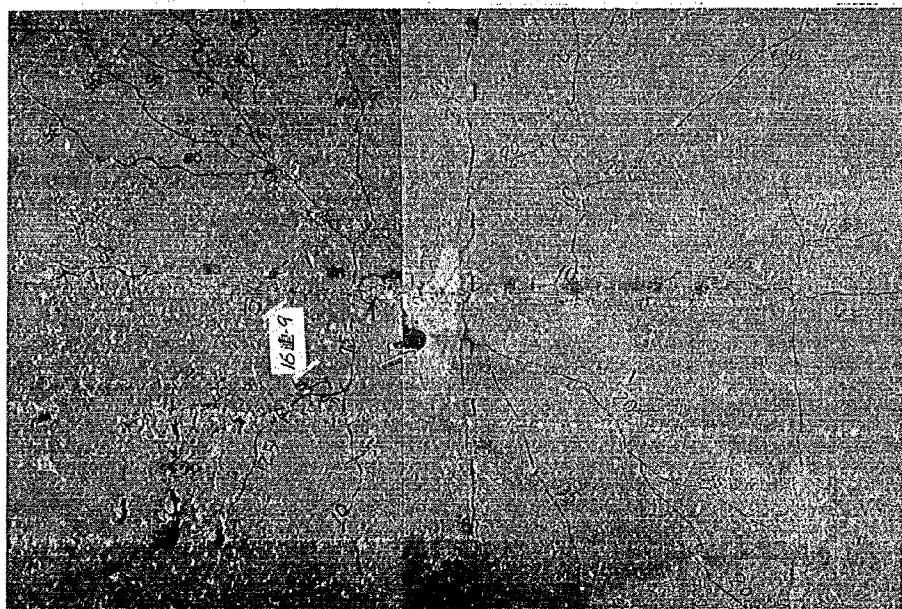


写真 5.1(g) 床版下面のひびわれ破損状況（端支間：⑨）

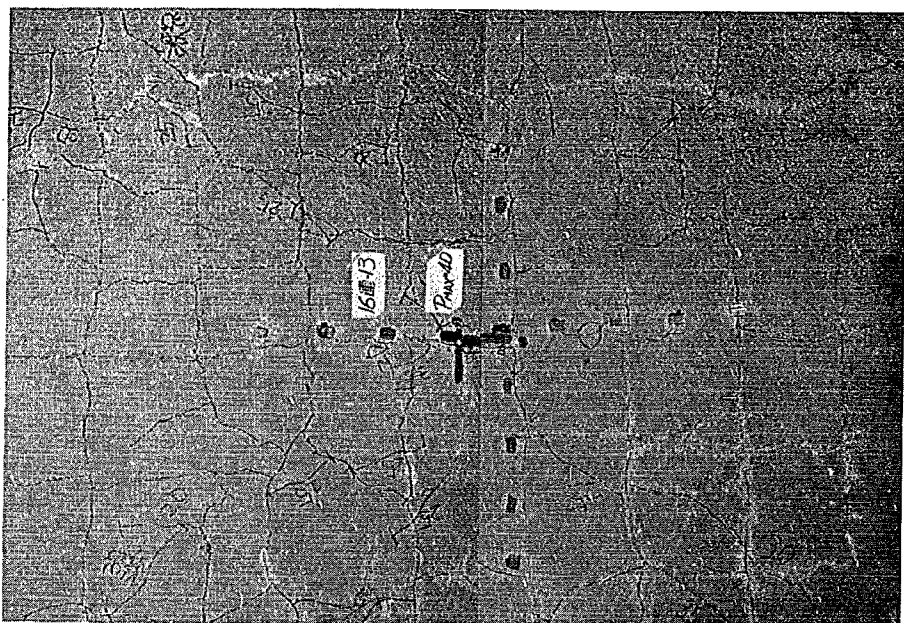


写真 5.1 (h) 床版下面のひびわれ破壊状況 (端支間 : ⑬)

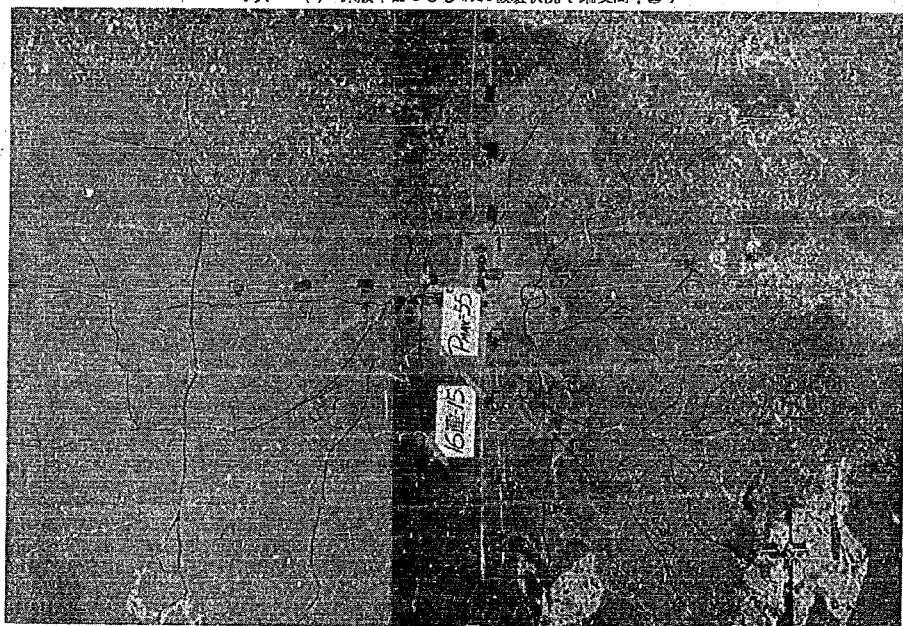


写真 5.1 (i) 床版下面のひびわれ破壊状況 (端支間 : ⑮)



写真 5. 1(j) 床版下面のひびわれ破壊状況 (中間支間: ②)

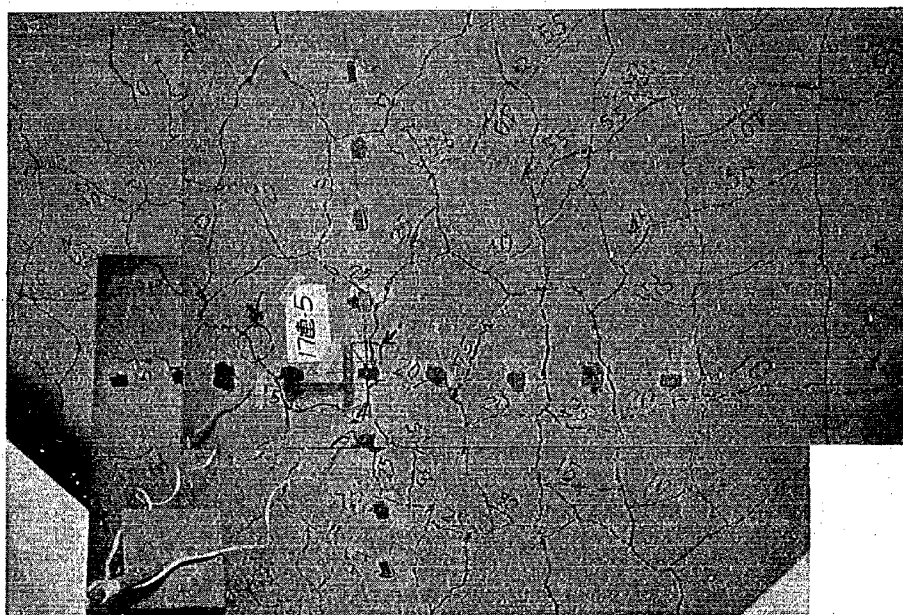


写真 5. 1(k) 床版下面のひびわれ破壊状況 (中央支間: ⑤)

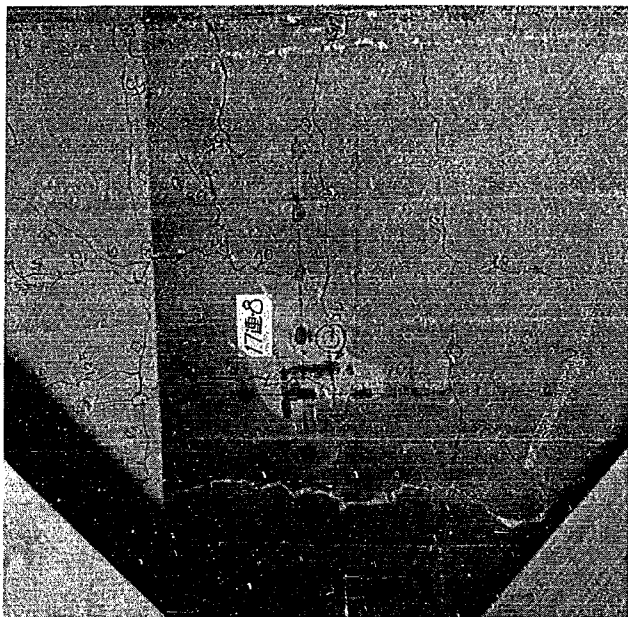


写真 5.1 (1) 床版のひびわれ破壊状況 (中央支間 : ⑧)

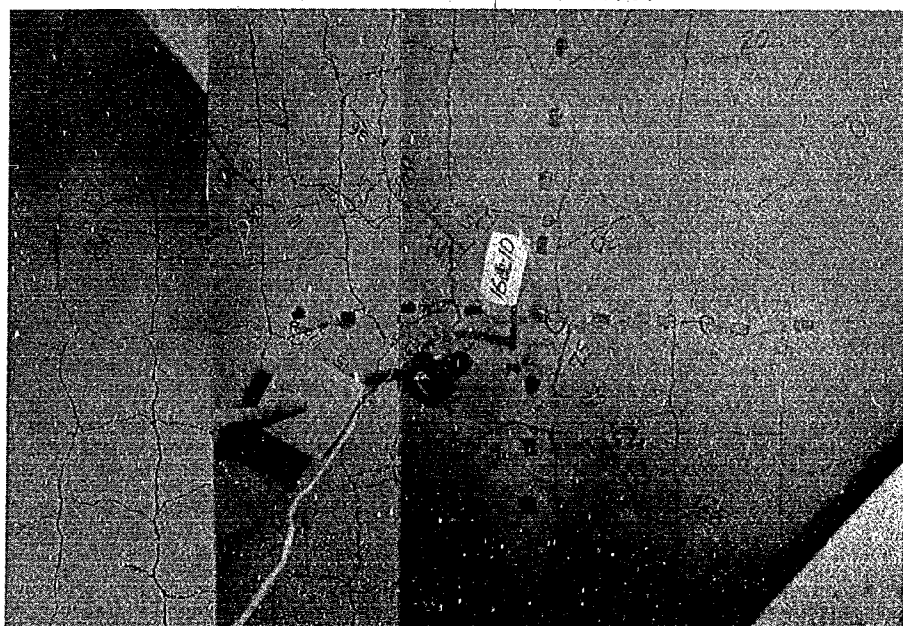


写真 5.1 (2) 床版下面のひびわれ破壊状況 (中間支間 : ⑩)

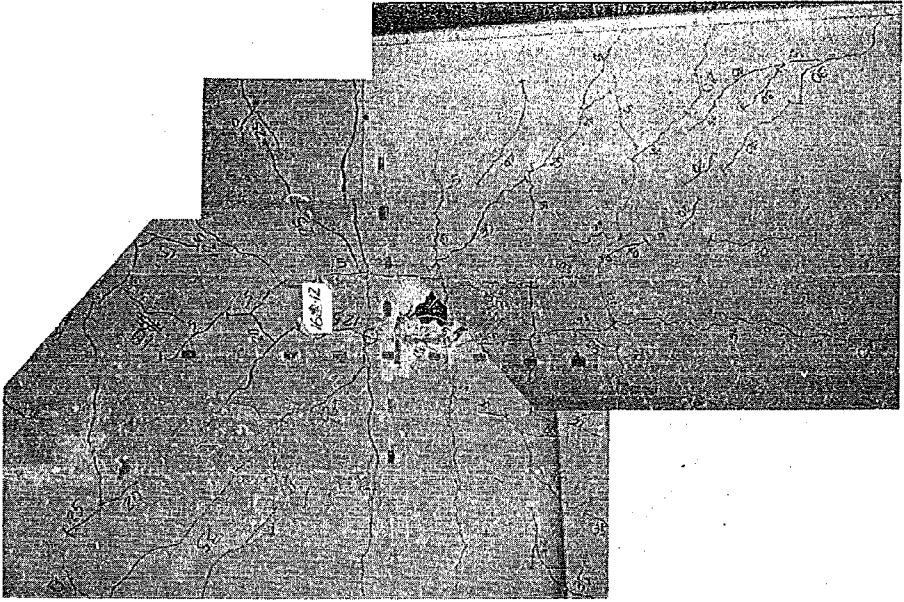


写真 5. 1 (a) 床版下面のひびわれ破壊状況 (中間支間: ㊸)

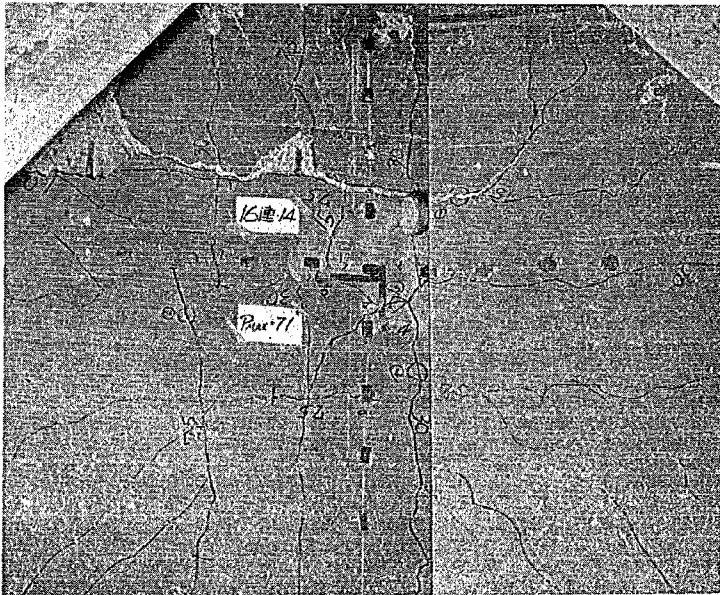


写真 5. 1 (c) 床版下面のひびわれ破壊状況 (中間支間: ㊸)

5-2 縦げた

縦げたの測定結果を次表のとおり以下に示す。

表 5.3 縦げたの測定結果を表わす図、写真の番号

項 目		実 験 番 号	端縦げた	中間縦げた	
			⑫	⑬	⑭
(1)荷重たわみ曲線	図 5. 5		(a)	(b)	(c)
(2)たわみの分布曲線(橋軸直角方向)	図 5. 6		(a)	(b)	(c)
(3)たわみの分布曲線(橋軸方向)	図 5. 7		(a)	(b)	(c)
(4)弾性域のたわみの分布曲面	図 5. 8		(a)	(b)	(c)
(5)破壊直前のたわみの分布曲面	図 5. 9		(a)	(b)	(c)
(6)荷重-ひずみ曲線	図 5. 10		(a)	(b)	(c)
(7)荷重-ずれ量曲線	図 5. 11		(a)	(b)	(c)
(8)破 壊 状 況	写真 5. 3		(a)	(b)	(c)

なお各縦げたの破壊強度は次表のとおりである。

表 5.4 縦げたの破壊強度

縦げた	実験番号	破壊荷重(t)
端縦げた	⑫	5 1. 5
中間縦げた	⑬	8 7. 0
	⑭	6 5. 5

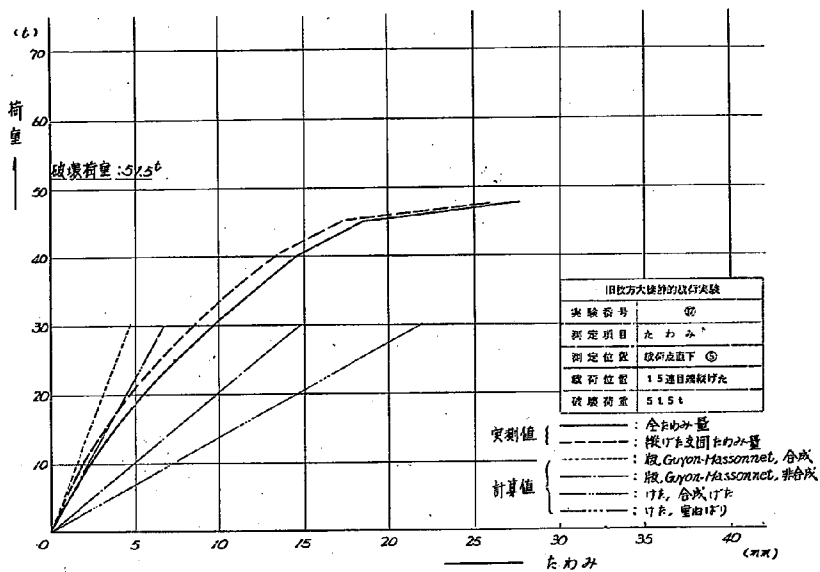


図 5.5(a) 荷重—たわみ曲線

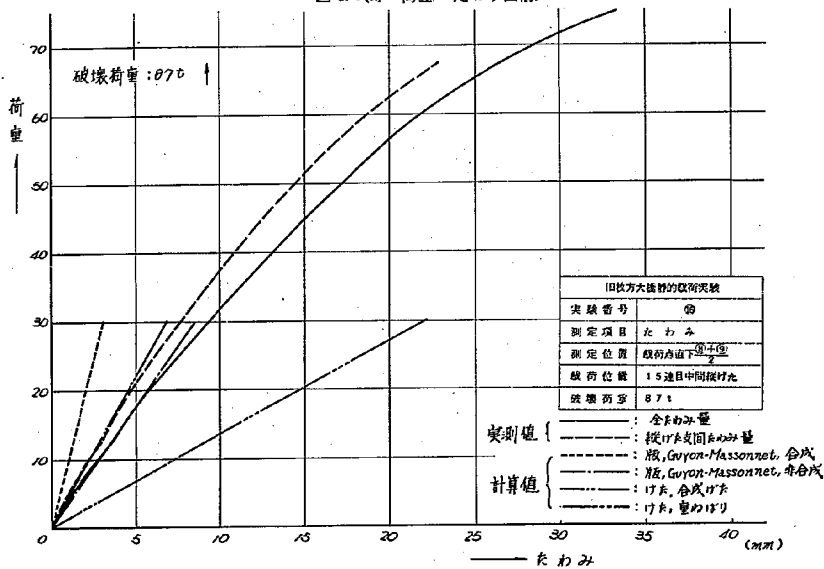


図 5.5(b) 荷重—たわみ曲線

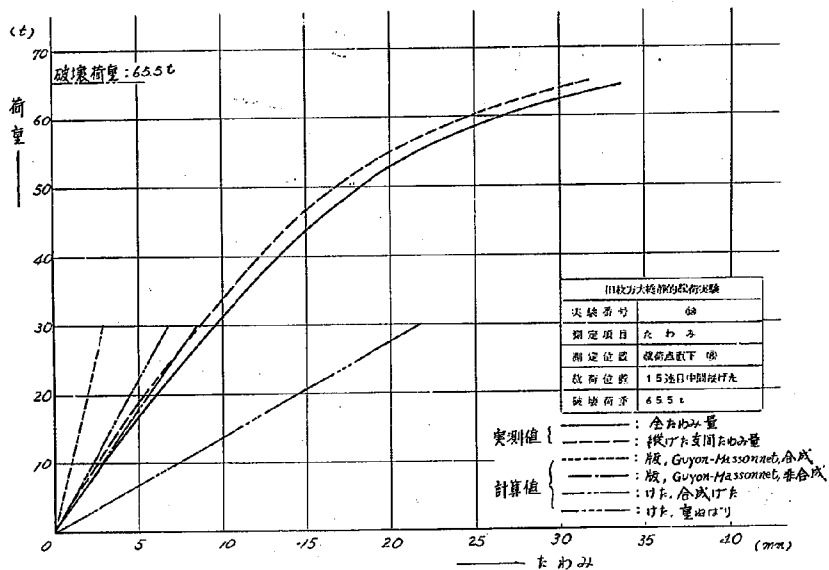


図 5.5(c) 荷重-たわみ曲線

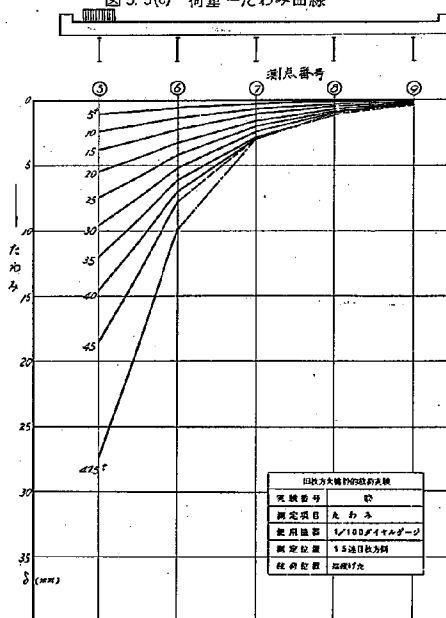


図 5.6(a) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

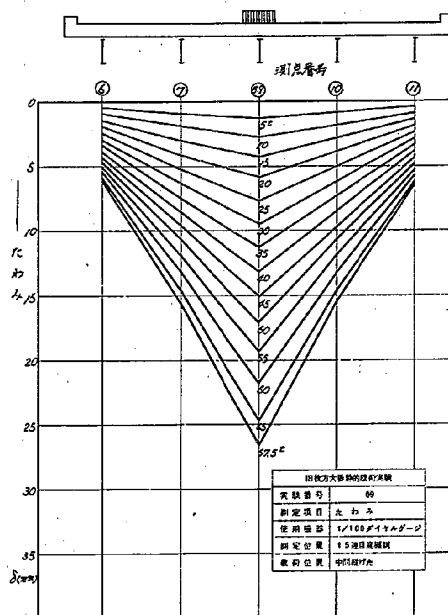


図 5.6(b) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

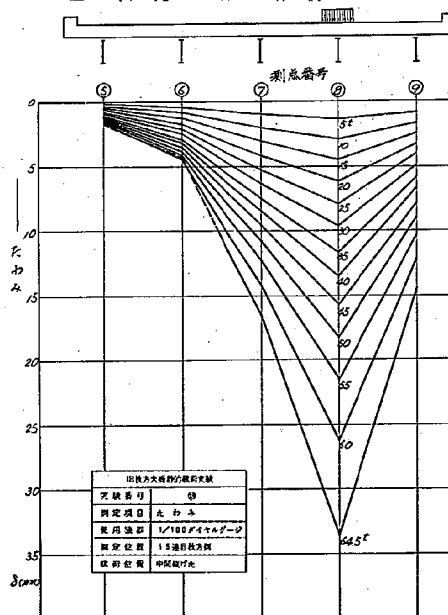


図 5.6(c) たわみの分布曲線 (橋軸直角方向)

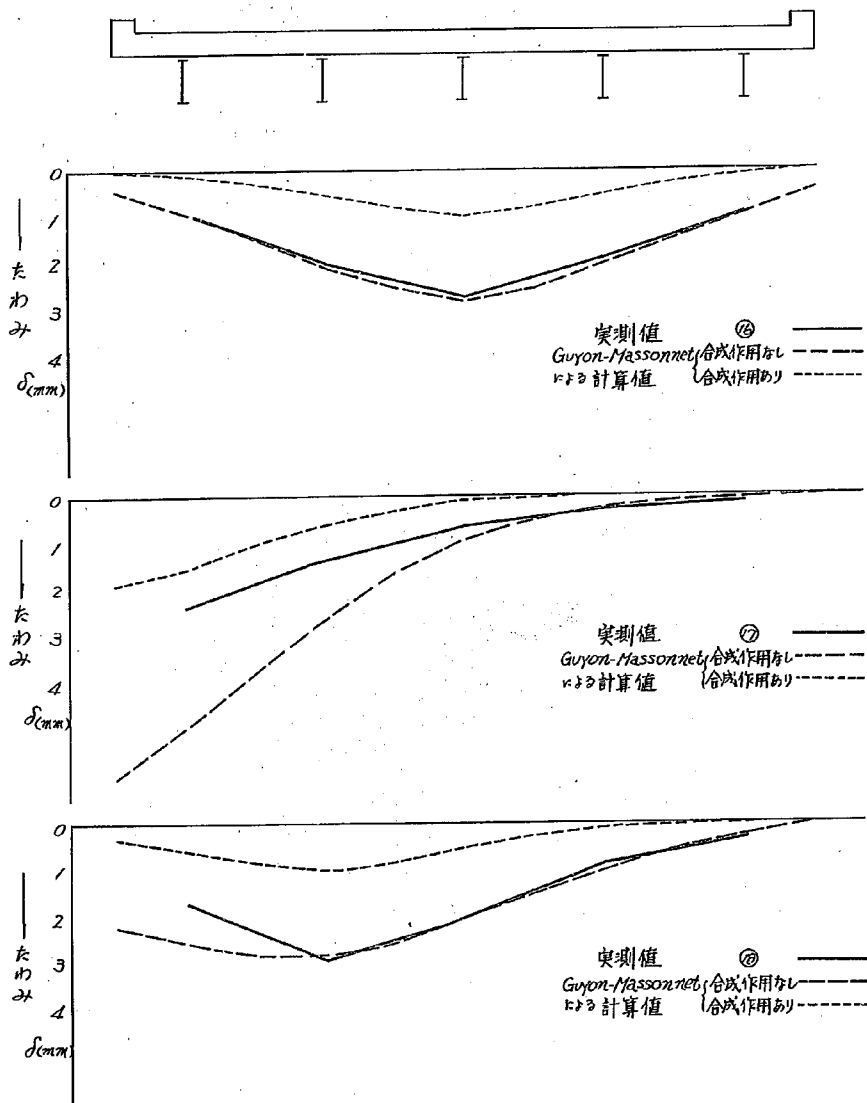


図 5.6(a) 床組のたわみ曲線 ($P = 10\text{ t}$)

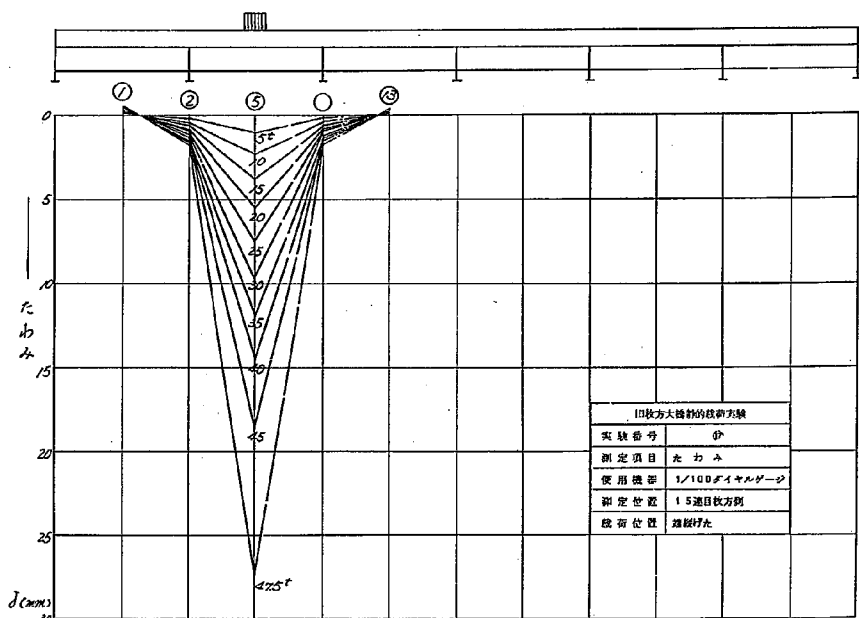


図 5.7(a) たわみの分布曲線 (橋軸方向)

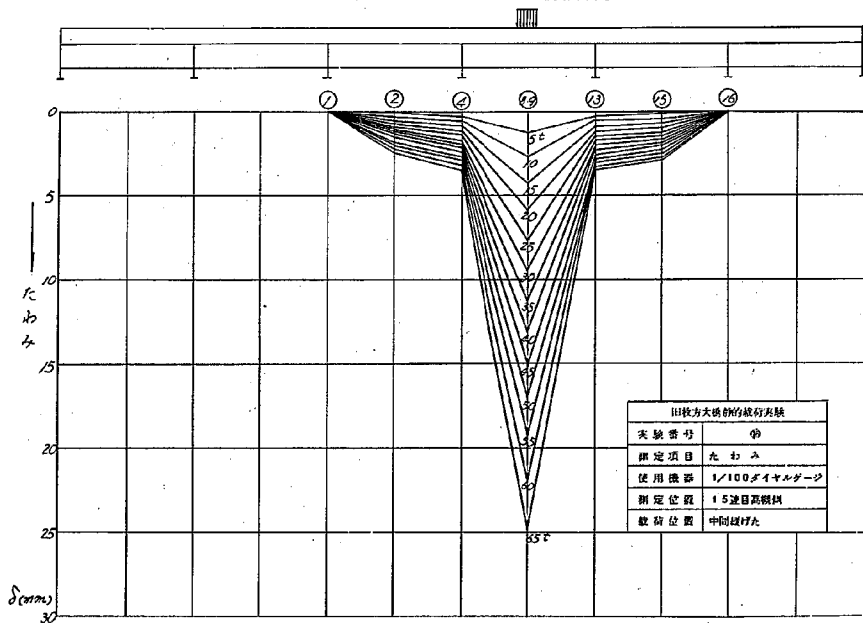


図 5.7(b) たわみの分布曲線 (橋軸方向)

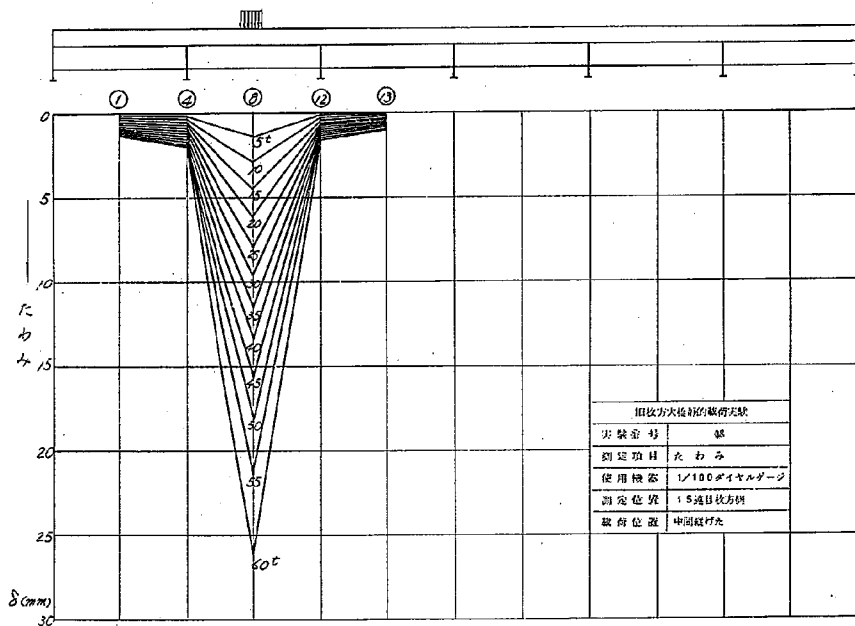


図 5.7(c) たわみの分布曲線 (橋軸方向)

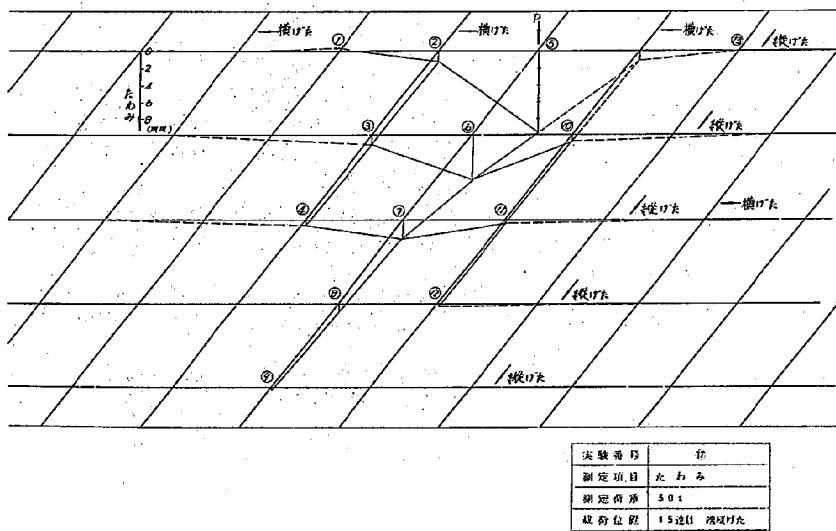
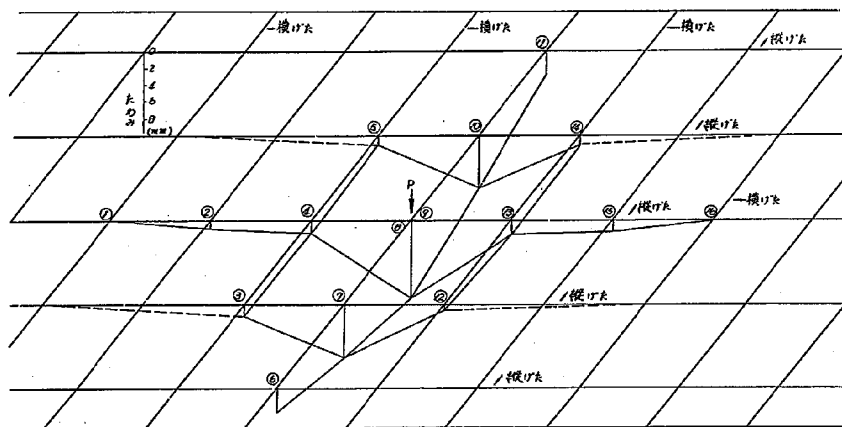
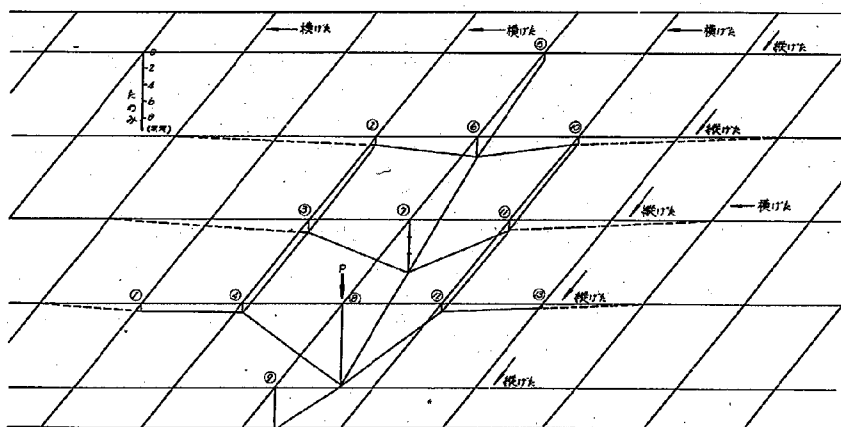


図 5.9(a) 弾性域のたわみ分布曲面



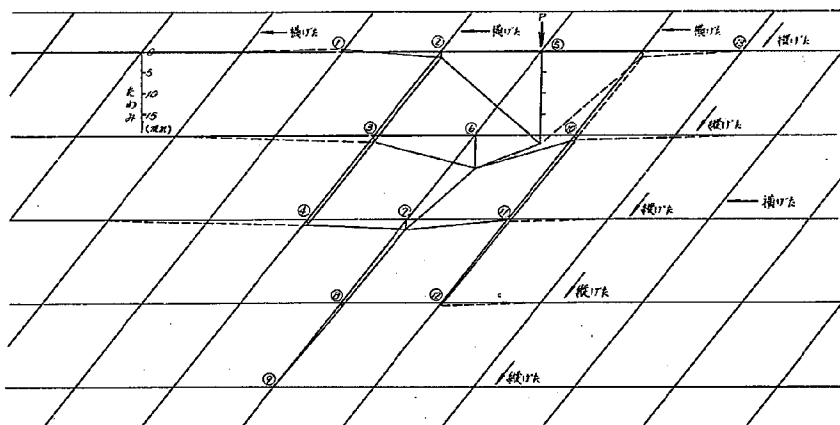
実験番号	29
測定項目	たわみ
測定荷重	50 t
観測位置	1.5 進目 中間観測点

図 5.8(b) 弾性域のたわみ分布曲面



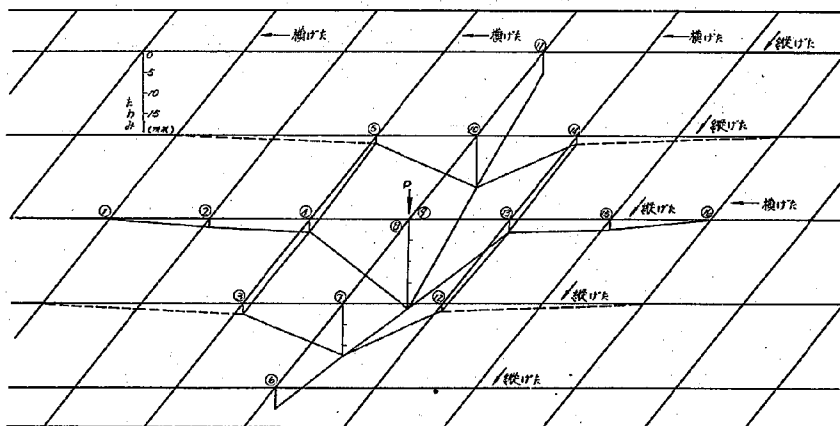
実験番号	33
測定項目	たわみ
測定荷重	50 t
観測位置	1.5 進目 中間観測点

図 5.8(c) 弾性域のたわみ分布曲面



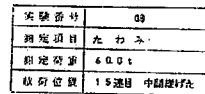
実験番号	③
測定項目	たわみ
測定荷重	42.5 t
測定位置	15等目 縦線付

図 5.9(a) 破壊直前のたわみ分布曲面



実験番号	④
測定項目	たわみ
測定荷重	62.5 t
測定位置	15等目 中間線付

図 5.9(b) 破壊直前のたわみ分布曲面



田牧为大設計の政府実験

実験番号	物
測定項目	ひずみ
測定位置	覆けたフランジ
破荷位置	15mm径覆けた
破荷荷重	51.5t

— 下フランジ (引張)
 - - - 上フランジ (圧縮)

ひずみ (mm)

— 83 —

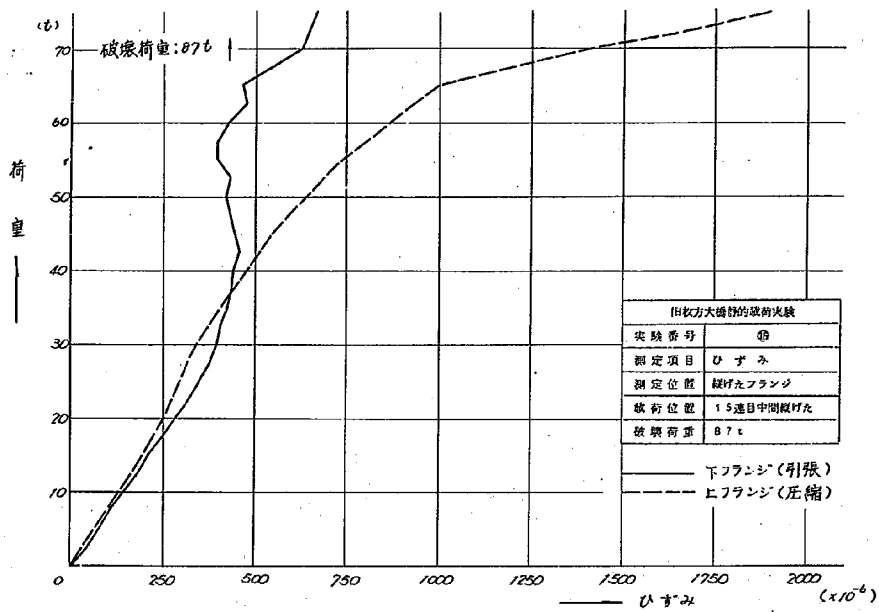


図 5.10 (b) 荷重-ひずみ曲線

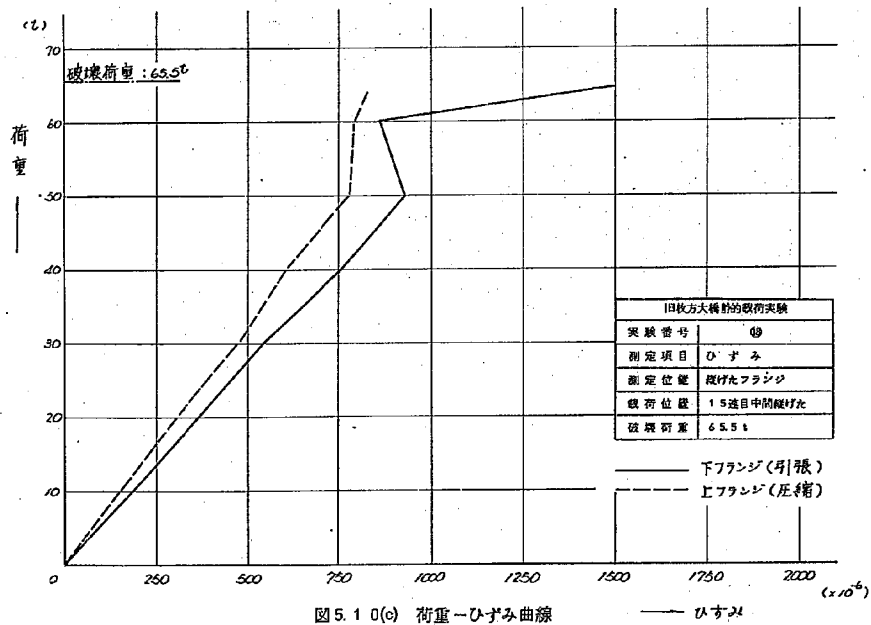


図 5.10 (c) 荷重-ひずみ曲線

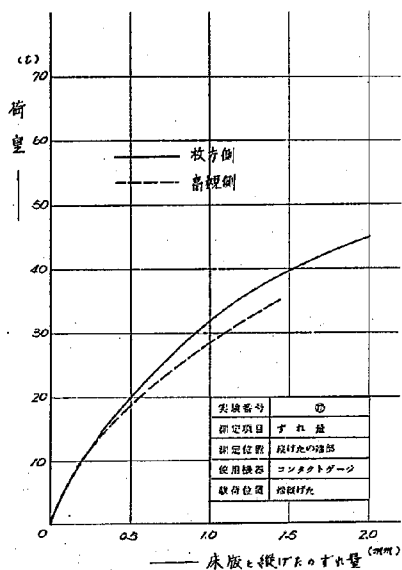


図 5.11(a) 荷重—ずれ量曲線

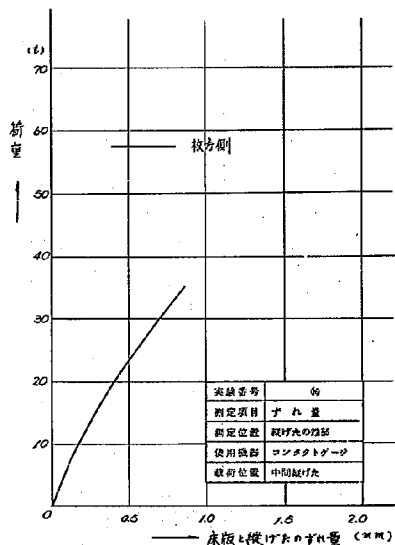


図 5.11 (b) 荷重—ずれ量曲線

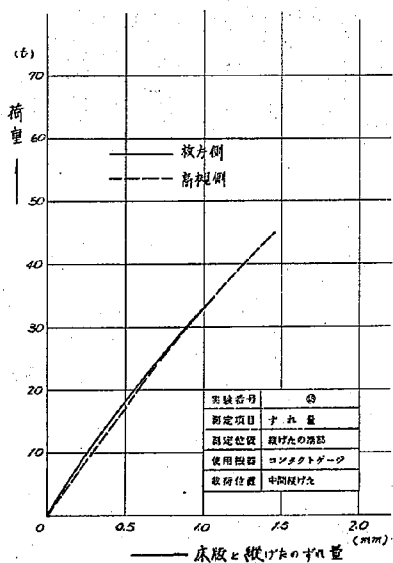


図 5.11(c) 荷重—ずれ量曲線

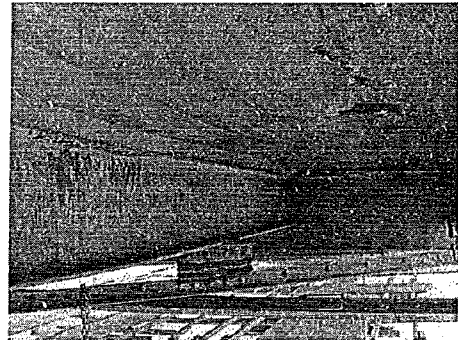
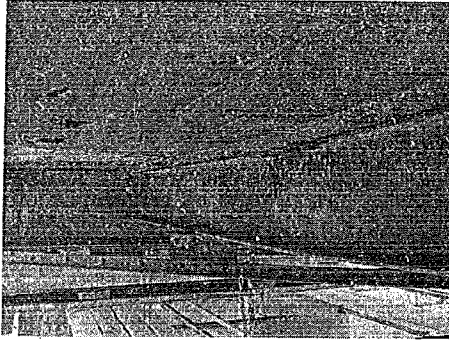


写真 5. 3(a) 縦げ丸の破壊状況 (実験番号 : 19)

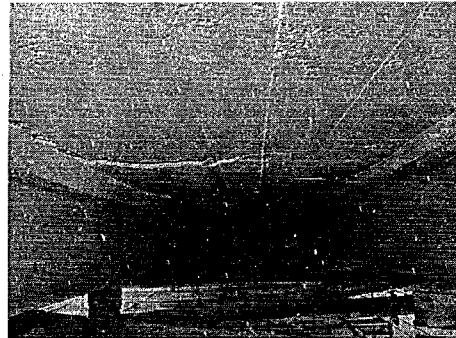


写真 5. 3(b) 縦げ丸の破壊状況 (実験番号 : 16)

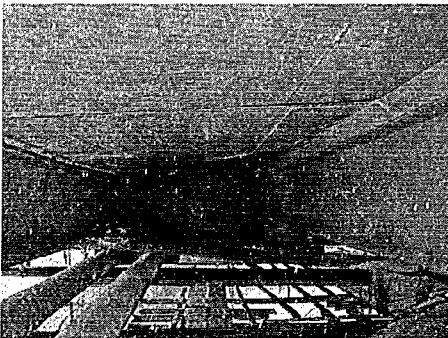
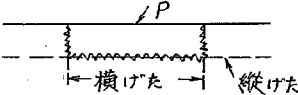
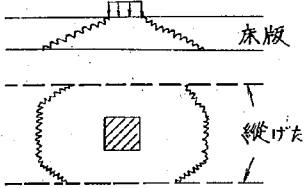
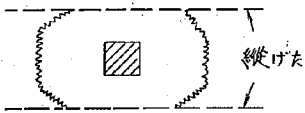
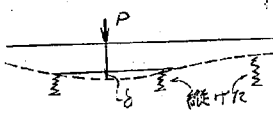


写真 5. 3(c) 縦げ丸の破壊状況 (実験番号 : 18)

6. 測定結果より得られた結論

6-1 床版

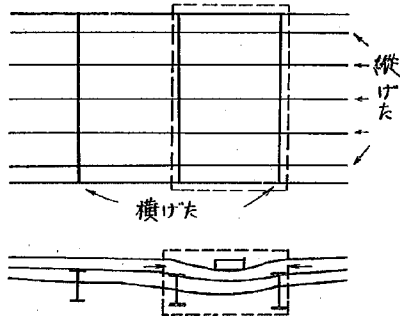
- 1) 床版による橋軸直角方向への荷重分配は図5-2に示すように良好である。
- 2) 床版下面に新しくクラックが入るのは現行示方書の8t輪荷重より少し小さい7t前後のときであるが、荷重とたわみの関係はそこでは急激には変化せず、現行示方書の8t輪荷重の2.5倍の20tぐらいまではある程度直線的な関係を示した。
したがって15tから0tまで除荷した場合でも新しく入ったクラックはほとんどわからなくなり、残留たわみもほとんどなかった。
- 3) 地覆の断面が大きいためにその剛性が片持部の床版にかなり影響を与えたと思われる。また片持部の床版では25~30t程度の荷重になると横げたと縦げたの直上の床版上面にクラックが生じ、それらに囲まれた部分の変形が非常に大きくなった。
- 4) 端支間床版および中間支間床版ではその下面にまず主鉄筋方向に15~20cm間隔でクラックが入り、ついでそれと直角方向にクラックが入ったが、これは主鉄筋が1mあたり5~6本入っているのに対して配力鉄筋は床版支間中央附近にはわずか1本しか入っていないためと思われる。
- 5) 端支間床版および中間支間床版は曲げ変形がかなり進んでから最終的にはパンチングシヤーによるような形で破壊した。
- 6) 本実験では床版の支間が比較的小さいので曲げモーメントのほかにはせん断力がかかなり影響しているものと思われる。
- 7) 本実験と現行示方書の床版の設計の考え方の大きな相違は床版を支持する縦げたの沈下である。
- 8) 舗装の有無、補修の有無などが床版に与える影響については、それらを明確に判別できるようなデータが得られなかったのでくわしいことはわからないが、モルタルを吹きつけて補修した個所の破壊状況を見ると旧床版と吹きつけモルタルは一体としてきていると思われる。しかしその効果の程度はわからないので今後この工法を用いる場合には実験によって確かめる必要がある。
- 9) 破壊直前の床版下面の最大ひびわれ幅は1~2mmである。
- 10) 破壊直前のたわみは片持部、端支間、中間支間の床版ともに9~11mm程度である。
- 11) 多年にわたって供用されてきてすでにクラックが入っている床版でも、静的な荷重に対しては大きな耐力がある。本実験における破壊荷重は片持部床版で約43t、端支間床版で約59t、中間支間床版で約68tである。

6-2 縦げた

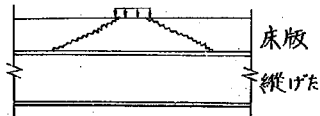
- 1) 縦げたはその両端において横げたのウェブに山形鋼でリベット接合されているが、図 5.7、5.8、5.9 からわかるようにこの位置における縦げたどうしの連続性はあまりない。この傾向は荷重が小さいあいだも破壊に近くなってからも同じである。

したがって 2 本の横げたの間にはさまれた床版と縦げたが一体となって荷重に抵抗しているものと思われる。

ただし破壊に近くなって変形が大きくなった場合にはこの部分の床版は面内圧縮力をうけて一種のシャイベのような作用をしているように思われる。



- 2) 床版の実験と同様に図 5.6 からわかるように床版による橋軸直角方向への荷重分配は良好である。
- 3) 縦げたのひずみは設計計算上の値よりも小さいが、これは縦げたに加えて床版も荷重に抵抗しているからで、荷重がある程度大きくなって 30 もぐらいになってもこの傾向は変わらない。
- 4) 図 5.10 からわかるように縦げたのひずみは上下フランジの値の大きさがほぼ等しい。また縦げたの両側における床版と縦げたの間のずれもかなりの大きさでほぼ荷重に比例して増加している。したがってこれらのことから床版と縦げたの合成作用はほとんどないものと考えられる。
- 5) 最終的には床版が図のように破壊し、縦げたにはクラック、取り付け部の破損などの外見上の破壊はみられなかった。しかし縦げたも破壊荷重の 8~9 割程度の荷重で上下フランジが降伏点に達しており、それによって変形が大きくなって床版の破壊に至ったものと思われる。
- 6) 破壊直前の縦げたの最大不等沈下量は端縦げたで 17.5mm、中央縦げたで 11.1mm、それらの中間の縦げたで 18.2mm である。
- 7) 破壊直前の縦げたの支間中央のたわみは端縦げたで 25.8mm、中央縦げたで 21.2mm、それらの中間の縦げたで 24.4mm である。
- 8) 破壊荷重は非常に大きく、端縦げた 51.5t、中央縦げた 87.0t、それらの中間の縦げた 65.5t であり、幅員の中央にあるけたほど大きな値を示している。



あ と が き

今回の実験は橋梁研究室が大阪府の協力のもとに行なったものであり、実験の準備、実施等でお世話になった大阪府の方々に感謝の意を表したい。

なおこの報告書をまとめるにあたっての橋梁研究室の作業分担はつぎのとおりである。

実験の立案および総括	:	國 広 哲 男
実験の実施計画作成、作業の総括および報告書作成	:	藤 原 稔
実 験 従 事	:	小 山 博 司
		武 藤 富 雄
		白 鳥 文 彦
実験結果のとりまとめ	:	武 藤 富 雄
床版の数値計算	:	井 刈 治 久

道路橋床組耐荷力調査報告書 (旧枚方大橋静的載荷実験)

国 広 哲 男・藤 原 裕

要 旨

永年実用に供されてきた道路橋の床組の力学的性状を把握するために、旧枚方大橋の床組について破壊に至るまでの静的載荷試験を行なった。静的載荷試験の対象とした部材は鉄筋コンクリート床版のうち中間支間部12箇所、片持部3箇所と縦げた3箇所であって、部材のひずみ、たわみ、ひび割れ状況および破壊状況をそれぞれ測定した。

その結果、旧枚方大橋の床組の場合床版による荷重分配作用が著しく、載荷点直下の床版は現行設計輪荷重より少し小さい7tぐらいで微小なクラックを生ずるが、現行設計輪荷重の2.5倍の20tをこえてもなお弾性的な挙動を示した。破壊荷重は床版の中間支間部で50~70t、片持部で40~50t、縦げたで50~80tといずれも現行設計輪荷重を大きく上まわっていた。